

自然現象と非線形数理

1980 年 12 月 6 日（土） 東京大学教養学部で催された
第 26 回定例仁科記念講演会において

横浜国立大学教授 戸 田 盛 和

ただいまご紹介にあずかりました戸田でございます。むづかしい話をやさしく話すように紹介されましたけれども、今日はむづかしい話はしないことにいたそうと思います。たいへんむづかしい話を期待されているかたも多いかと思えますけれど、そしてそういうかたにはたいへん失礼に当るかと思えますけれど、ごかんぺん願います。

このごろ私は非線形問題というようなことをやっております、数えてみますともう 10 年以上やっているわけで、仁科財団の原子物理学という、あるいは原子科学といったような方面からすこし遠のいているような感じなんで、こういうところに引っぱり出されて話をするのはちょっと思いもかけなかったんでございますけれど、ふだん朝永先生のお話をきいております関係で、そういうことになったんだろうと思っています。朝永先生はこういうところでお話をされるのがたいへんお上手でしたけれど、私はどうもこういうところであまり話をすることがございませんで、今日はスライドでもお見せして紙しばいのようにいたそうかと思いました。しかしスライドはやってみましたらうまくいかなかったので、スライドでなく、トランスペアレンシーをいくつかお見せし、それによっていくらか非線形に関係したことをみなさんに納得していただければ、と、そう思って参上したわけです。

非線形というのは何であるか。線形でないということでございます。線形というものがよくわかれば、非線形ということはだいたいわかるという仕組みになっているはずでございます。ところが線形という言葉の意味を考えますと案外むづかしいものなので、ふつう日本語で線と言いますと、日本画の線描とか、線で絵を描くとか、線で字を書くとか、だいたいその途中まっすぐでなくても、まがっていても、線と言うようでございます。英語の字引を引いてみますと、やはり line というのには、まがった線という意味もございませうし、まっすぐ

な線の意味もあるようでございます。これはどうも数学なんかで使っている言葉とはすこし違うようでございます。英語の字引でも line と linear があり、line と linear とはどのくらい違うのか私はよく知りませんが、line というともあ日本語でヴィーナスラインとかスカイラインとか言ってほしい曲っているところにいいところがあるんですね(笑)。

ところが linear という直線的ということらしい。これからお話するこの非線形というのは、non-linear です。日本語に訳すときにすこしまづかったみたいですね。この場合の linear を線形と訳したのはあまり良くなかったと思うんです。linear という言葉は、日常語ではほとんど使ってないようですが、思い出すことでは、最近あの大阪―東京間を1時間で走るとかいう夢の超特急の linear motor car. あればモーターを linear に使うものという意味でございまして、線形のモーター。ふつうはモーターというものは、回転子がありまして、回転磁場のなかでそれが回されるようになっております。その磁場を直線的に走らせる。それによってモーター自身が直線的に走っていく。そういうような、回転部分のないモーター、これをつかうのが linear motor car です。これが日常語として出あう一番数学のものに近い使いかたじゃないかと思います。数学事典を見ますと、リニア(線形)という言葉が索引のところにいっぱいございます。それを見ますと、結局わからずじまい。だいたいそういうものです(笑)。

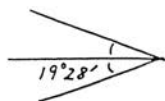
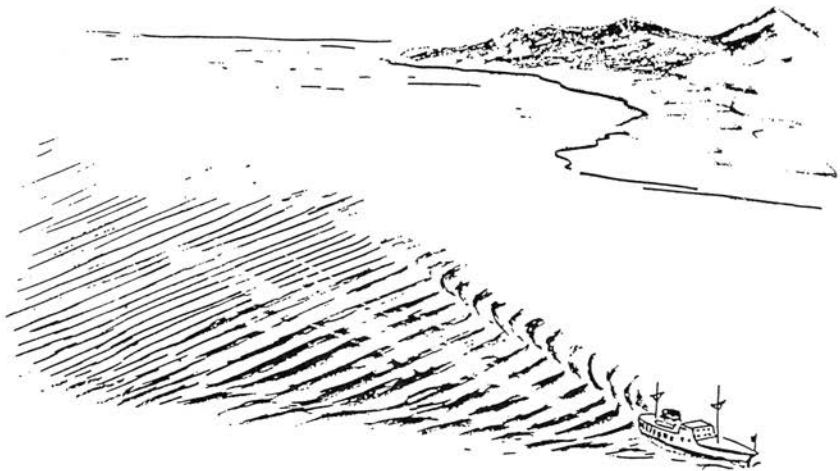
ですから、すこし簡単な話から始めまして、数学で言われているリニアというもののへだだん近づいて行くということを考えてみます。

数学に一番近いリニアということは、物理のなかで、高等学校なんかでやっています、重ね合わせということなので、これがまあ、リニアということに一番近いのではないかと思うのですが、もうすこし簡単なものでは、あるものがあるものに比例するというのがリニアで、直線的な関係です。

物理でなぜそんなものが重要なのかといいますと、人間の頭というのはだいたいリニアなもの以外はあまり理解しにくいんじゃないかと思うのです。ある原因がありまして、たとえばAという原因があって α という結果が出た。そのほかにBという原因があれば β という結果が出る。それじゃAとBとが原因としてあった場合に何がおこるかという、 α プラス β という結果がおこる、というふうなことは非常に素直な場合です。これがリニアであり、一番人間の

頭にとって考えやすいものでございます。物理なんかでも、そういうものになるとわかりやすいのですね。なるべくそういうふうに物を見たい。物を見る概念というか見方というか、そういったものと人間の頭とがマッチしたところで、物理的な法則とか、そういったものがわりあい簡単に出来あがるわけです。たとえば、一番簡単なものとして、池の表面に小さな波ができます。そういう波が複雑なように見えても、それを基本的な、簡単な波に分解する。そしてそれをしらべていけば、そういうものが重なって出来た複雑な波も理解できるだろうということは、高等学校の教科書にも書いてございますけれど、そういうことは物理学の上でいろいろと役に立ってしまして、たとえば船が走りますときに、船のうしろに波がおきます。その水の波がどういうふうになるかということが前世紀の終りころによくしらべられまして、そういうことから波のいろいろな性質に関することとか、一般的な取扱いかが進歩したのであります。

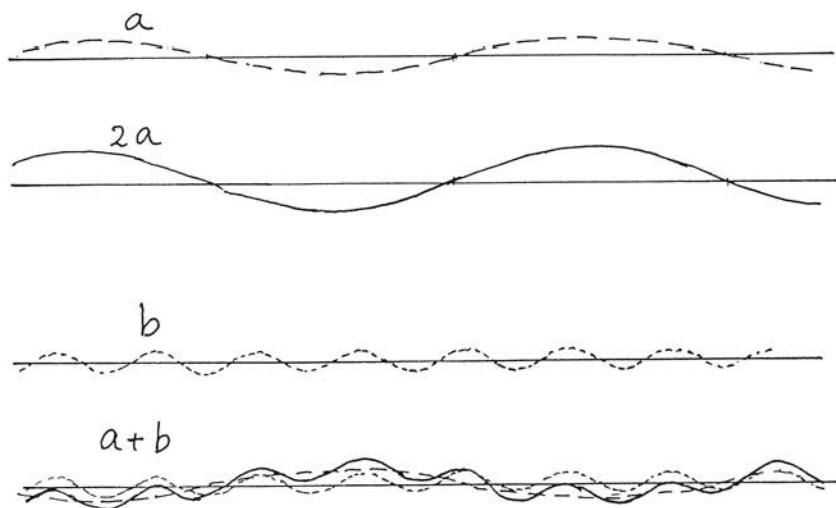
すこし古い話から始めますと、ウィリアム・トムソンという学者が1887年に発表した話のなかで、船が進むときに波が出来る、その波の角度がどういうふうになるかが示されています。理論的にしらべまして、だいたい 20 度、両側



Sir W. Thomson (Kelvin) 1887

に 20 度の角度で出来るものだということがわかったのです。これは船が進んでまいりますと、時々刻々波をひきおこすわけで、その波が干渉しまして、こういう船のうしろに、ちょうどその船といっしょに進むような波が出来まして、そのほかにへりに干渉の結果、うしろのあたりに複雑な波が出来る。こういうおもしろい現象も、波をただ重ね合わせるというふうにして、それを論じることができるのです。案外あたらしいんですね。100 年近く前です。この時代に、やっと波を扱うことが出来るようになったわけです。

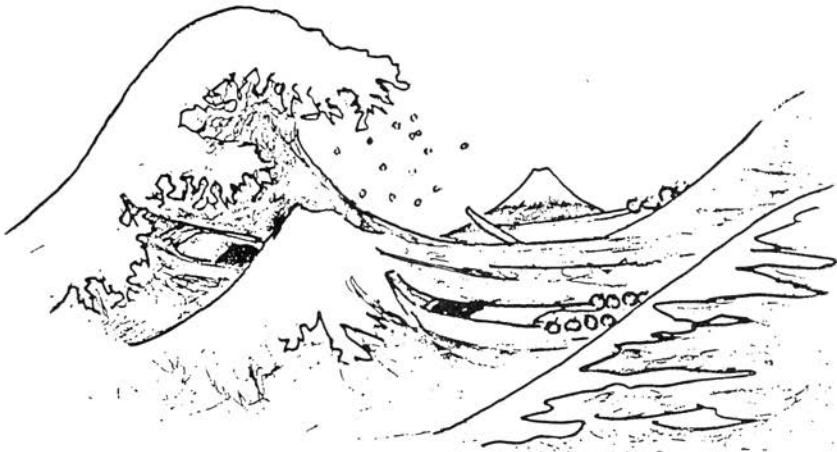
こういう日常見かけるおもしろい現象はいろいろあるのでございまして、今の若い学生さんはあまり昔の本を読まれないかも知れませんが、こういうことはラムの流体力学の本を見ると詳しく書いてございまして、そういうふうなことを勉強するのもおもしろいことかと思えます。さて、こういうように波というものは重ね合わせられるものである。……あまりこういうことをやっていると、リニアだけで時間がなくなってしまうかも知れませんが、……それを高等学校でやることを思い出しましてやりますと、この破線でえがいた波 a ,



$$L(\alpha a) = \alpha L(a)$$

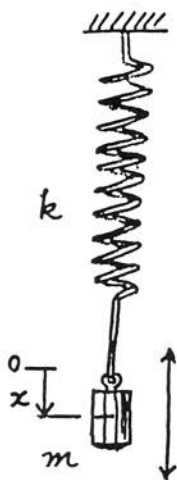
$$L(a+b) = L(a) + L(b)$$

これが池の表面に立っているとしますと、これを2倍したような波というのも実際水の表面で立つことがあり得る。また一般に、たとえば b という点線でえがいた細かい波が出来ている。それと a とをたしますと、ここに太い実線で書きましたような山になったり谷になったりして複雑な凹凸をしながら、でっばったりへこんだりする波も出来るわけで、そういう波は実際おこるわけです。もっと一般的な言いかたで、 A という原因があったときに、それを α 倍した原因 αA の結果というものは、その A の結果を α 倍すればいい。あるいは A と B という原因があったときの結果は、 A という原因の結果と B という原因の結果とを加えあわせればよろしい。これが数学的な線形ということの定義にあたるわけでございます。自然界でこんなにうまくいっていることというのは、まずめったに考えられないわけでございますけれど、こういう考えかた、見かたが出来ますと、非常に数学的にやさしいことになりまして、これを何か簡単な関係が成り立つような見方をする場合に、そういうものが物理としても非常に発達することになったわけです。たとえば数学で言う特性関数とか、そういったものはだいたいこのような関係を満足するものが多いわけで、そういうものが実際に役に立つということは、そういった物の考えかたが非常にいいんだということだと思えます。ですけれども世の中には実際そんなうまいことは、そうは無いわけで、たとえば非常に大きな波が出来た場合に、これは皆さんご存じの有名な絵でございます。こういう波になると、とてもたしあわせるなんてことはできそうもないですね。 α 倍なんていっても α が2とか3になるのはま

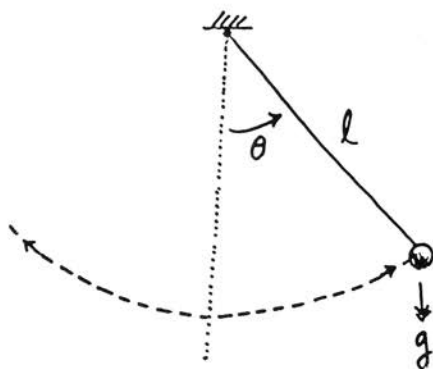


んしても、これくらい大きくなると、とても線形とはいえない波になってしまいます。ですから世の中というものは、運動が小さい場合に線形になるが運動が大きくなると線形でないというのが一般でございます。残念ですがこの絵はひっこめてつぎに移ります。

これは一番簡単な数学的な例です。今日はあまり数式は使わないことにいたしまして、この二つだけでがまんしますが、左側のはばねをのばしますと、それに比例する力が働き、もとにもどる——そういうふうな運動方程式でございまして、この場合の運動は単振動といわれているものです。この場合には x を α 倍——2倍しても3倍しても運動方程式は変わりません。これが数学的に一番簡単な線形の問題です。この場合にはある運動がありますと2倍3倍した運動もそのまま可能なものです。ところが実際の振り子が大きくふれる場合にはそう簡単にはまいりませんで、振り子がふれる角 θ が大きくなると、こっちが θ で右辺が $\sin \theta$ ということになってしまいまして、これでは θ を2倍したときにはそのまま方程式は同じようになるかというとうそはいかないです



$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$$

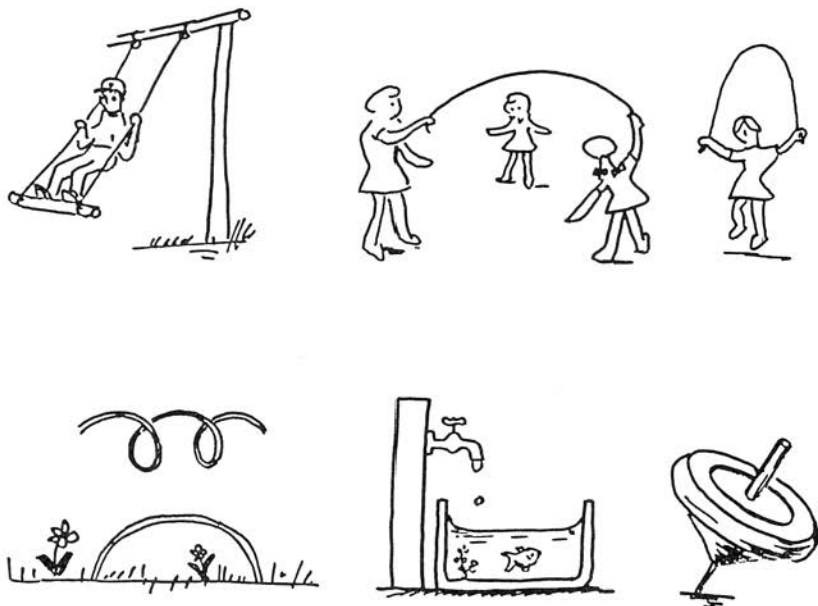


$$l \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -g \sin \theta$$

ね。こういう場合には運動は個々別々になり、大きな振幅の場合には違った性質をもった運動がおこります。個々別々な運動を大きさに従って考え直さなくてはならないことになります。ですからこういう非線形の問題になりますと、運動の個性というものが非常に現われてしまいまして、一つのことがわかったからといってそれを一般化するということはなかなか出来なくなってしまいます。

高等学校では、単振動——フックの法則に従うのしかやっていませんで、こっちの側の複雑な運動は高等学校ではやらない。大学にいてもあまりやりませんね。高等学校でやる問題というのは割に簡単な場合でございまして、世の中には実際にはもっとおもしろくて高等学校でやれないような問題がいっぱいあるわけです。こういうおもしろいものを普通なぜやらないのかなあと考えてみますと、非線形である場合が非常に多いのですね。たとえばブランコが大きく振れる場合、ブランコがどうして自分で動かせるのか、というおもしろい問題は高等学校ではやりませんし、大学でもうっかりするとやらない。こういうおもしろい問題というのは非線形です。だから非線形をやらないとおもしろくない(笑)。

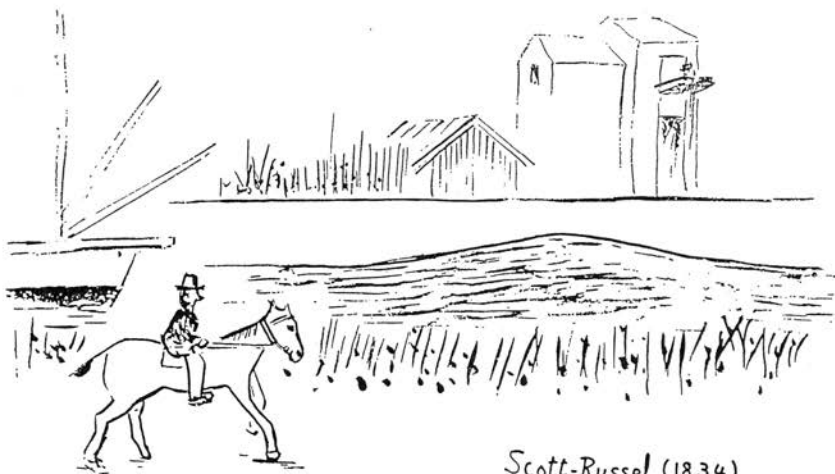
つぎにこのなわとび。なわとびのひもをグルグル振りまわしたときのかっこうは、けんすい線とか放物線に似ているんですけども、これはどういう曲線なのか？ ところが大学あたりでは何もそういう運動というのはやらない。なぜやらないのかなあ、としらべてみますと、これはやはり非線形の問題でありまして、大学のはじめのころまでの数学ではとても扱えない。また、たとえば、花壇にビニールの棒を曲げまして突きさすとフェンスになりますが、そういうやわらかい曲がりやすい棒とか、はりがねとかを曲げたときの形とか、そういうものを、やはりどんなにかっこうになるのか、高等学校でやってくれてもよさそうなものですけどやらない、というのはやはりむづかしいので、これは非線形の問題と同じようなものです。そういう曲がりやすいはりがねや棒を曲げたりした場合のかっこうというのは、やはり非線形の問題であります。一般にそうした大きな変形というのはおもしろいのだけれど、扱うことがやさしいとは言えないのです。この絵は、金魚が入っているつもりなんですが、この容器の中に水を入れますと、水面がかべに接するところで曲がります。このかっこうは何だろう？ こういうものは高等学校ではやりませんし、大学に入っても



一年ぐらいではやれない。なぜかというやはりそういう種類のむづかしい問題だからです。水がしたたるときのかっこうはどういうものか。これも日常的に見られるおもしろいものなのに、ふつう教科書には出ていない。やはり線形の範囲では解けないむづかしい問題だからだと思います。コマの運動がおもしろいのに——「コマの科学」という本がございますけれど(笑)、それを数学的に扱おうとすると非常にむづかしいのでありまして、これはやはり非線形の数学をよく勉強しないとわからない。すこし非線形のことを勉強されればそうむづかしいものではないことがわかると思うのですが、大学へ行ってもうっかりすると先生が教えてくれないということがおこっております。これは残念であります。

そういうふうに非線形の運動というのは一般にむづかしいとされておりまして、こういうものを扱うのは 19 世紀の中頃から発達した数学によってはじめてわかったことで、ニュートン時代にはとても出来なかった問題です。こういうものをマスターすれば、ニュートンよりはすこし前に進むことができるわけです。

さきほどの波にもどりますけれども、波の問題でさっきの北斎の絵のような



Scott-Russell (1834)

大きな波でなくても、もうすこし大きな波を扱いたいという要望がいろんな方面から出てまいりました。

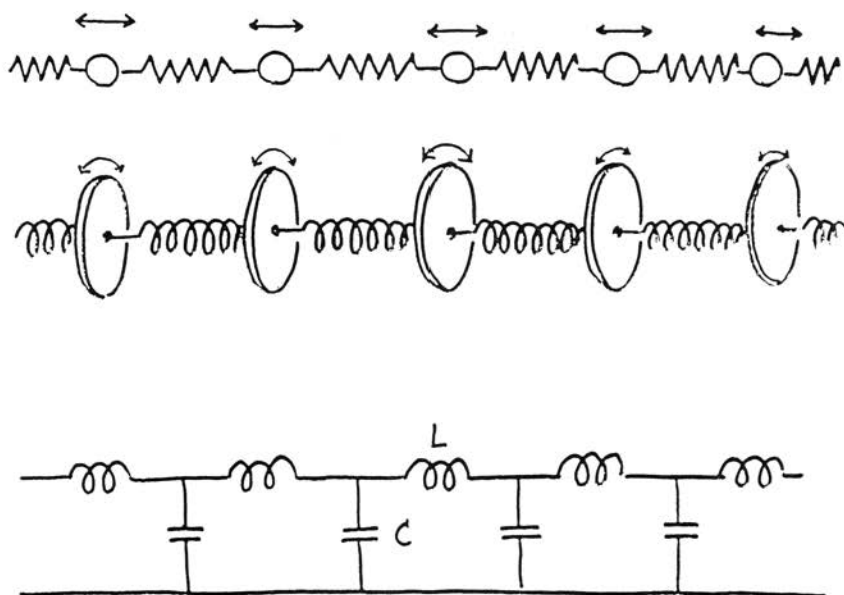
これも古い話でございますけれど、19世紀の1/3ぐらいたった1834年。当時イギリスでは運河というものがたくさん発達しておりまして、科学というものゝの発達は社会の状況に関係するわけで、この発見もイギリス社会にたくさん運河があったということと関係があります。運河にたくさん、船が馬にひかれて運動する場合が見られたという社会的な状況を考えますとうなずけます（この絵は、私が自分で想像してかいたもので、何かにあったのを写したのではありませんが）。船が馬にひかれて動いている。馬がたまたま止まりまして、運河がせまくなったところで馬が急に止まりますと、船がへさきにつくっていた波が高まりまして、その波に船がのっかる——かしこい馬はそういうことを知って止まったらしいんですが——馬が止まった場合、たまたまその状況をスコット・ラッセルという人が見まして、船のところに出来ていた波が船から離れて前方へひとりでに進んで行くということを発見しました。その形に非常に興味があったものですから、スコットは馬でおいかけまして、1マイルか2マイル波の塊りを追っかけていったのです。ところが波の塊りは形を変えないでどんどん運河の中を進んでいったというふうを書いてあります。スコット・ラッセルは船をつくる職業でして、アマチュア学者といってもいいですね。自分で水槽をつくりまして、それをよく研究しました。運河というのはだいたい非常に

水深の浅いものでして、こういう水深の浅いところに波が進んでいくときには波は一定の速さで進む。水の深さの平方根に比例する速さで進むのでございます。ですからはじめに出来た波がどんなかこうであれ、波が変形しないでそのまま進むというのは、あまり不思議はないんですね。だけれどもスコットは興味をひかれた。あたりまえの現象じゃないかとは言わないで、それを研究したのは非常に教訓的だと思います。スコット・ラッセルは1マイルも2マイルも追っかけてまして波が変形しないことを見まして、たまたま運河がすこし曲がっているところまで行ってその波がなくなってしまったと書いています。昔はそういうことを書いても論文になった……。私は興味があったものですから、イギリスの知人にコピーを送ってもらいましたら、非常に長い論文のまんなかのあたりにこういう話を書いてあるんですね。ふつつ引用されているのは、馬に乗って追っかけたという話だけです。

スコット・ラッセルは何でもない波の進みが変わらないのはあたりまえと言わないで、それをよく研究いたしまして、特殊な波が実際に実験室の中で長いあいだあるスピードをもって進む。そのスピードは山の高さに関係するということを実験的にたしかめたわけでございます。これは1834年ですから、150年ばかり前の話ですけど、いったい孤立的なきれいな波が存在することができのかどうかということを有名な流体力学の先生がたが、長いあいだディスカッションなさいまして、ケルビンとかストークスとか有名な人がこれが可能であるとし、あるいはエアリーといった人はこれは不可能である、と二派に分かれていろいろ議論したのだそうです。50年くらいたちましてから、浅い波はだいたいそのきれいな形で伝わるものだということが確立されたわけでございます。しかしながら、その波を扱った1890年ごろの論文がまた忘れ去られてまして、しばらく日の目をみないでいたのですが、ところが最近のいろんなたとえばプラズマとか核融合とかいった方面の研究でどうしても大きく運動するプラズマの波とかいったものをよく調べなくてはならないことになりまして、波の問題の研究がまた今から30年ぐらい前から大いに発達して来たわけでございます。そのころは、電子計算機が発達しましたので、昔とちがいでまして相当複雑な数式でも扱うようになってまいりまして、いろいろな結果が得られたわけです。なにかパルス的な波、いいかえると一部分だけもり上った波というのが非線形の波の非常に特徴的なものであることがわかってまいりま

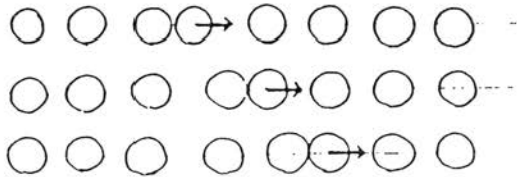
した。たとえば、ばねで結ばれたおもりがありまして、これがばねの作用を受けて運動する——こういうふうな波を研究するのが簡単でよろしいのですが、あるいは円盤をぜんまい形のばねで結びましてこれが回転する、こういうふうな回転運動でもよろしいわけです。こういったものを研究するのも一つの手段と思われるわけです。

こういった研究は、下に書きました電氣的な回路——コイルとコンデンサーをつなぎました回路で同じようにやることができます。まったくこれは同等であるということがわかります。こういう、その下の図のものと、電圧をはかりまして、波の伝わって行くのをオシログラフの上で見たり写真にとったり出来ますので、具合がいいのです。しかもコンデンサーとかコイルといったものは割に安く買えますので、実際私たちも、横浜国立大学でも、いくつか作って実際に実験しておりますけれど、100 とか 50 とかつなぎまして数万円で出来るわけですね。ふつうのコンデンサーは電圧に比例して電気がたまるのですけれど、たまる電気の量が電圧に比例しないコンデンサーは割に安く、100 円ぐらいで売っています。そういうものを買いまして、つなげば、非線形の回路が出来上がります。それを使いますと簡単に、波をこっちから入れまして非



線形の波動が伝わっていくのを、必要に応じて写真にとることが出来るわけです。そういうことをやりまして非線形の波を実際につくって調べることが出来ます。もちろんコンピューターを使って、すこし計算すればそういうことも出来るはずですが、大体の見当はこういう実験装置で非常に簡単にわかります。前の図のばねをつかったもので非線形のものは非常にむづかしいんですね。波動をおこしましても、機械的なものというのは記録がむづかしいとか、減衰がはげしいとか、いろいろな欠点がございますので、もっぱら下の方の電気回路で実験することがよくおこなわれています。このようなことをやりますと、また、理論的な計算をやりますと、非線形の非常にうまい特徴的なものがでてまいります。うまい非線形のばねあるいはコンデンサーを使いますと、このようなパルス的な波が、非常に安定して伝わっていく、さきほどの運河の中の盛りあがった水が進むのと同じように、山の形のパルス的な波が非常に安定したものとして非線形の媒質の中を進んで行くということがわかります。

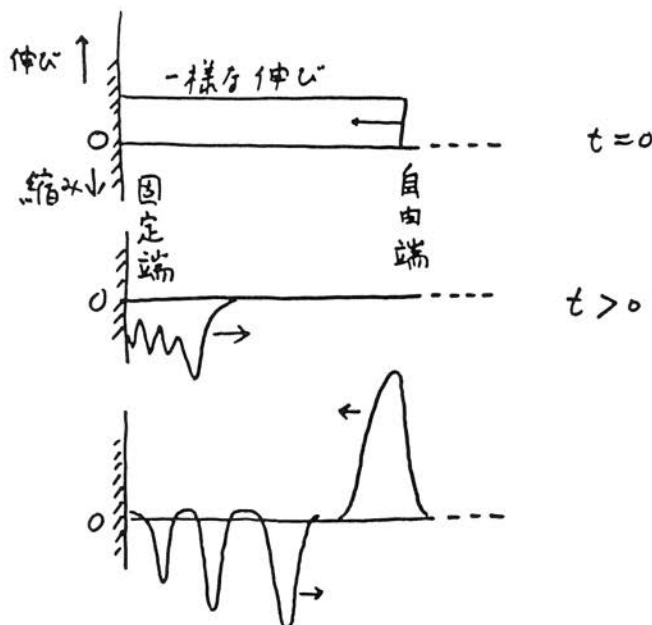
もしもそういうものが2つありますと、高い、大きなパルスは速く進みまして、小さいパルスはおそいスピードで進むのですが、そうしますとこれは追いつきまして、ぶつかりますが、しばらくたつとそれがまた2つに分かれまして、はじめと同じように大きなパルスと小さなパルスになります。はじめと同じようなパルスがそのまま伝わって行く。そういうことが理論的にも、うまい体系では、言えますし、実験でも確かめられます。また2つのパルスが正面衝突すると、しばらくたってまたはじめと同じものが出てくることが確かめられます。これがはじめに申しました波を重ねるとかいう線形の波の場合と非常にちがう点でございますが、線形の波の場合には無限に広がった波というのが特徴的な運動の形態であったわけです。それを重ね合わせて線形の波の一般的なものを理解することができたのでございます。ところがこういう非線形の場合にはパルスというのが非常に基本的な運動であって、それをもとにして一般的な運動を理解することができることがわかってまいりました。これが非線形の体系を理解する新しい方法であることがわかっています。これはソリトンという名前がつけました。ソリトンというのはソリタリー・ウェーブの安定な粒子的なふるまいをするものという意味でございます。これは模型的に考えますと、非線形の強い極限として玉突きの玉みたいなものが並んでいる。この左から玉をぶつけますと、はじきとばされたのが右のものにぶつかる。右へ右へと



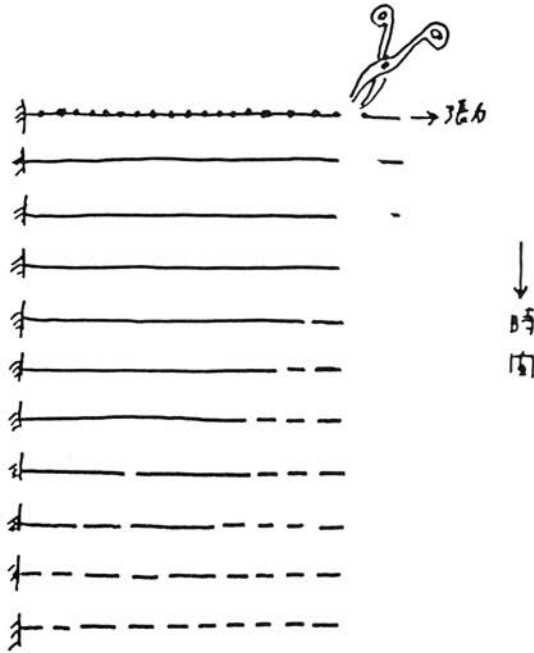
とばされ、運動が伝わって行くものに似ているわけですが、この非線形の場合には、たがいに実際にはばねで結ばれていても、局在したパルス的な運動が安定して進むということです。

今のような実験装置を作りまして RCA の人たちがやったときに、これがたまたまほとんどバラバラに切れてしまったことがございます。それから考えますと、このときのコンデンサーは非線形のダイオードコンデンサーで逆電圧をかけたので、ふっ切れたんじゃないかと想像しまして、もしかするとこういう体系でソリトンの運動が破壊現象をおこすという場合もあり得るのではないかと考えました。

これはその考えかたが適用された一つの例ですが、たとえば今のような非線形のばねをつくりまして、これを引っ張りまして、離す。そうしますと固定端に向かってばねが縮み、このときに固定端で反射しまして出来る波がどうい



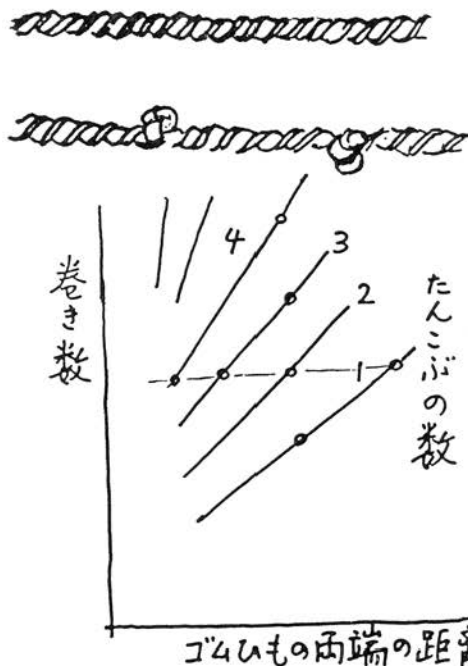
ふうになるかという、非線形性のために非常にたくさんのソリトンに分かれることがわかったのです。そうしますと、ソリトンは大きいものから小さいものまで出来るのですが、大きいものが速く進みまして自由端に到達いたしますと、これが自由端で反射しまして、圧縮されていたパルスの波が逆転して今度は伸びになります。伸びに対して材料が弱い場合には、そこで切斷がおこるわけで、そういうことを考えますと非常におそろしいことが起こりうるわけで、高い建築とか、長い橋とか、自動車の高速道路とか、そういった長い構造物をひっぱっておいてから切ったとしますと、切ったところに自由端ができます。そうしますと伸びていたばねと言いますか、構造物が縮んでまいります。固定端で反射しましてたくさんのソリトンに分かれまして、ある時間がたちますと自由端に到達し、そうするとそこで逆転して伸びになる。そうしますと、材料が弱ければそこで切れてしまう。こういう可能性があるわけで、そうしますとつきつぎのソリトンがつきつぎにやってきて破壊現象をおこすことが予想されます。実際計算機にかけましてやってみましたら予想どおり切斷がおこるんですね。ですから安心して線形の近似で高い建物とか橋とか高速道路とかをつくりますと、うっかりしますと、はじめに何か非常にのんびりしたストレスがか



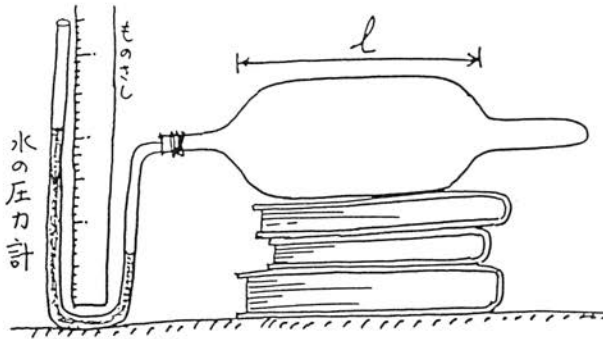
かっていた場合でも、これがソリトンに分かれまして全体をこまかく破壊してしまうということが無きにしもあらずでございまして、そんなことがあったら大変なんですけれど……。あってほしくないわけですけど、もしおこったらこれを思い出してください(笑)。

世の中には、このように非線形という見方をしますと、いろいろな事がわかり、新しい発見ができますし、実際日常の現象でもおもしろいものがあります。

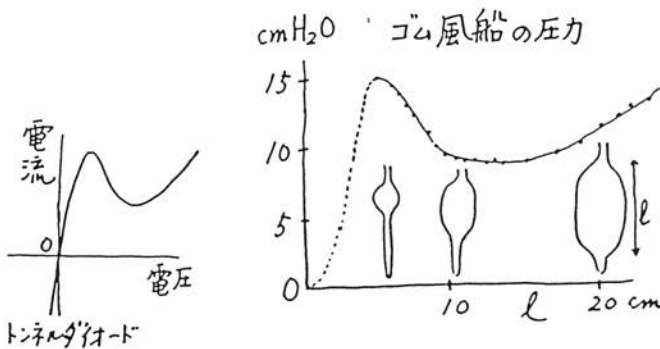
ここで最後に、私の「おもちゃセミナー」という本に書いてあるおもしろい話を述べます。おもちゃの飛行機のゴムひもをねじりますと、ねじれて波ができ、うんとねじるとたんこぶができます。これは興味のある現象で、それを大ざっぱに調べてみますと、こういうことになります。たとえばゴムひもの両端の距離を一定にしてグルグル回してみますと、あるところまで巻き数が増えますとそこにたんこぶがピュッと出来ます。さらに巻いていきますとたんこぶが2つになり3つになり4つになるという変化がおこります。ところが巻いているものを距離を縮めますと、グルグルグルとたんこぶが増えてきますね。これ



は皆さん日常経験なさることと思いますが、これはふつうの非線形とちょっとちがいで、たんこぶが一つの場合はなにかリニアみたいな関係ですけれども、巻き数をどんどんふやすとたんこぶの数が突然上がるんですね。こういう一種の非線形現象といいますか、物理の言葉で相変化みたいなことをおこすわけです。これは興味のある現象ですけれども、私の解析もこれ以上すみませんので、このままほったらかしです。こういう現象をどういうふうに表現していいのか。自然現象というものは、直接に見ることはできても、それを科学的に書きあらわす見方というのはなかなか作りにくいものだと思います。ゴムというのはおもしろいもので、ゴム風船は、はじめにふくらますのに大きな圧力を要しますが、ふくらましてしまえば、あとは割に速く簡単にふくらむ。それはなぜか。なぜかということはむづかしいですが、どういうふうに圧力が変わるかを調べようというので、ガラス工場へ行きまして、こういうU字管みたいなものを作ってもらい、それに水を入れて、ゴム風船をふくらましたときの圧力を計るという非常にプリミティブな実験をいたしました。こういう実験は割にすきなんです(笑)。



実際にゴム風船の体積とかかたちとかをどういうふうに数量化したらよいか
 わかりませんが、ゴム風船はいくらか履歴がございまして、一番はじめが
 一番ふくらましにくい。一度ふくらましますと少しふくらみやすくなるので、
 細長いゴム風船ですと、ふくれたところがハッキリしています。この長さを測
 定する。そういうことによってゴム風船のふくらましかたの体積を求めます。
 うんとふくらまして、しばらくほっておきますと、リークがございまして、空
 気がすこしずつぬけまして 30 分ぐらいたちますとしぼんでしまう。その 30 分
 間の動きをものさしで計ってデータをとればよいわけです。案ずるよりは生む
 がやすしということでございまして、実験も自分でやっていますとなかなかう
 まいことを思いつくものです。はじめは、空気をすこしずつ出して計らなくて
 はいけないのか、あるいはふくらましながらか計らなくてはいけないのかと思っ
 たのですが、実際には空気がもれてくれましたので 30 分ぐらいでこれが
 出来ました。はじめにふくらまして体積が大きいところからスタートするわけ



で、そのときの圧力は水の高さにしてだいたい 15 cm ぐらい。しぼんでくるにしたがって圧力が下がってくる。これは予想したとおりだったんですけども、あるところでまた急に上がり出しました。どんどん上がりまして、また 15 cm ぐらいになりますと、ほとんどしぼんでしまいます。風船のこんなかっこうと圧力の関係をグラフにかきますと、前頁下図のようになります。この非線形の曲線は非常に特徴的で、たとえば江崎ダイオードの電流と電圧の関係に似ていてたいへん面白いと思います。あまりひまがなくて私の実験もそれ以上進んでおりませんけれど……。

これ以上話を続けると、最後の実験の印象がうすれるかと思いますので、この辺でやめさせていただきたいと思います。ご清聴ありがとうございます。(拍手)

仁科先生と私

対談 朝永振一郎 藤岡 由夫

昭和50年5月 日本アイソトープ協会において

この対談は、仁科芳雄博士の伝記をつくる企てをもって藤岡由夫博士がもと仁科研究室にいた人々と対談した録音シリーズの一つから採ったものです。朝永博士との対談は2回にわたっておこなわれ、第1回のぶんは仁科研究室の草創のころから、ボーア教授の来日まで、第2回のぶんは朝永博士がドイツに行かれてから後の話です。そこには戦時中のマグネトロン研究や、戦後の大久保時代の研究生生活の話も述べられています。

第1回 5月7日

藤岡 仁科研究室へ来られる前のことからうかがいたい。仁科先生が日本に帰られたのは昭和3年で、そのときはまだ朝永さんは学生だった。

朝永 そうです。

藤岡 仁科先生が京都へ講演に来られたでしょ、そのあたりからどうぞ。

朝永 たしか昭和4年よりもあとだと思いますがネ。一緒にとった写真でぼくが背広を着ていたから。

藤岡 それは大学の理学部の物理のための講演ですか。

朝永 今の言葉でいうと集中講義です。木村正路先生がネ——あの先生ははじめ理論のほうにあまり理解がなくて、あそこの実験室の連中が量子力学の本なんか見ているとご機嫌がわるかった。

藤岡 アメリカのウッドのお弟子でウッドのとおりなんです。

朝永 そう。ところがヨーロッパ視察に、二度目は短期の文部省の視察で行って、いろいろヨーロッパの様子を見た。それでおそらくこれは理論もしっかりやらにゃいかんという、そういう気持ちになられたんじゃないでしょうか。あの先生はアメリカへ行った、戦争のためですが。アメリカへ行ったが、ヨーロッパを知らなかったのです。

それでおそらくいろんな人をよぼうということになり、理研の杉浦さん、あ

と仁科さん、そのあいだにラポルテとかいろんな人をよんだ。

藤岡 ラポルテは理研で高嶺先生がよんだのをしばらく京都へ。

朝永 木村さんが京都へよぼうということになった。そういうのの一環ですネ。

藤岡 じゃ、みな講師にして集中講義をしてもらった。

朝永 講師という辞令を出したかどうか知りませんが。木村先生は理研の研究員でして。それでこれがたしか昭和5年だったと思うんですが、そのときに講義を2週間か3週間。

藤岡 そんなにながくですか？

朝永 タネ本はあのハイゼンベルクの *Prinzipien der Quantenmechanik*。小さい本ですが、それがタネ本です。ですから、講義の中味自身はそれほど先生独自のものじゃないんですが、あとでいろんなディスカッションが生まれてネ。木村先生なんかが、どうもマトリックス力学というのは抽象的でサッパリわからん。もうすこし、どういうメカニズムで光が出たりなんかするのかそれをもうちょっとわかるようにできないものか、というような質問をしたりしてましたネ。ですから、そのあとのディスカッションが印象に残っているんですけど。

藤岡 それから朝永さんはしばらく京都にいらしたんですね。

朝永 ええ。昭和7年です、東京へ来たのは。

藤岡 で、仁科さんとの交渉はそのあいだ別になかったんですか？

朝永 ええまあ。その講義きいたときに仁科さんが一ぺん一緒にめし食わんかといって、湯川君とぼくと——楽友会館ってあるでしょ。先生あそこに泊っていたんで、あそこで夕ごはんをごちそうになったことがあります。

藤岡 つまり京都大学で理論をやっていた人というわけ。

朝永 ほかにもまだいたんですけど、その二人を。田村君(松平)もいたんですけど二人だけよばれて……。そのときクラインから来た手紙なんか見せてくれてネ。いろんな話、ボーアの話なんか聞いたのをおぼえています。

東京へは昭和7年に来たんですけど、そのまえ6年ごろでしたかネ。先生から手紙が来て、東京へ来ないかという……。

藤岡 仁科研究室ができたのは昭和6年で。

朝永 そうでしょう。それで、サガネ(嵯峨根遼吉)君とそれからゲタヤさん

——竹内（証）さん、がぼくよりまえにいた。理論のほうは一人。

藤岡 ほかに誰もいなかった。

朝永 梅田魁さんがライプチヒに行くというんで、その前にすこし勉強しておきたいというんで、いましたけどネ。しかしこれは仁科研究室の正式のメンバーとしてじゃなかったと思うんです。

藤岡 昭和7年に来て、ぼくがお目にかかったのは、ちょうど私が帰って来たのが7月のころで、1号館の中2階でコロキウムやってるときでネ、朝永さんが何か話してた。あのときは、もうかなりいた。昭和7年にはもう坂田（昌一）君がいたかな？

朝永 いや、坂田君は昭和8年でしょう。

藤岡 それから小林君。

朝永 これは坂田君が大阪へ行ったあとです。ですから、だいぶあとになります。たしか昭和8年に坂田君は卒業しているんです。卒業してすぐ東京へ来た。

藤岡 坂田君が……。それでヒネル（小林稔）さんは？

朝永 ヒネルさんは、だから9年です。その間に玉木（英彦）君が来た。

藤岡 有山（兼孝）君もいたじゃないですか。

朝永 ええ。有山君は、東大を出てからどこにいたのかナ。

藤岡 工業大学にいた。工業大学にいて、ライプチヒに行きたいというんで、ぼくがハイゼンベルクに紹介したことがある。それから戻って来てから工業大学へ行かずに理研へ来たんです。

そのころの仁科研究室は、理論と——実験のほうはサガネ、ゲタヤ、それから宇宙線の仕事もやっておられて電離箱とか、それからアレもやってたネ、大きな……。

朝永 ウィルソン霧箱。

藤岡 そう。

朝永 で、あれはネ、例の計数管制御っていって、はじめはかってに働かしていたのを、こう計数管をおいて宇宙線が来たときにだけポンとやるようにした。ところが、これはブラケットがイギリスでやっぱりやってた。むこうのほうがさきにできあがって、実験を始めた。そういういきさつがあるんです。

藤岡 ぼくが昭和7年にヨーロッパから日本へ帰る途中でカリフォルニアの

Cal. Tech. でアンダーソンに会ったんだ。そしたらアンダーソンが盛んにパチパチやってた。そのときに、かってにやっていると、たまに入る、37回に1回のわりで入る、という。帰ってきて仁科さんにその話をする、ここで作っているのは50回に1回しか写らない。ぼくの話の聞いてから、仁科さんはパチンパチンとゲタヤがやってるそばで、アンダーソンは37回だよ、と言った。ところがそのうちに、カウンターをつけたのを作って、宇宙線が通ったときにだけ働くような形にしたわけネ。

朝永 これはネ、サガネ君が一しょけんめいにやってたんです。それでぼくがおぼえているのは、図書館に行って雑誌読んでたら、サガネ君が「ヤラレチャッタヨー」というから、何だと思ったら、これ読めと言うんでネーチュアを見たらブラケットがカウンターで制御するウィルソンチェンバーを作ったというのが出ていたんです。それをつかっていろんなめずらしい結果がでた、それはいずれ発表するという、そういう……。それでサガネ君が残念がった。

藤岡 それじゃブラケットよりも前にこっちでやっていたの？

朝永 いや、まえか同時かしらぬが、とにかくむこうのを見てはじめてんじゃない。独立にアイディアをもってやったんです。

藤岡 そう。で、やはりいろんなものが見つかった。

朝永 そうなんです。それでシャワーが見つかったし……。

藤岡 仁科記念室にいろんな古い別刷があるんだけど、仁科先生が朝永さんと連名で negative energy の electron について書いた論文があるネ。

朝永 あれは陽電子が見つかって、ディラックのいわゆる孔というもの、これはたいへん面白いというわけで、pair creation の計算をしろということになり、坂田君と……。そのときは坂田君来てましたんで……。

藤岡 そのころ仁科研究室で、理論でやっておられた問題はどんなことです？

朝永 その陽電子の仕事と、もう一つは、中性子。はじめ仁科先生は宇宙線は中性子じゃないかというアイディアをもっていて、それで中性子がネ、中性子は電荷はないけど electric moment, magnetic moment はもっているだろう。そうすればそれが物質を通るときに原子の中の電子と相互作用をして電離作用なんかするだろう。その有効断面積を計算しろというんで、それをやったんです。そういう計算をぼくが理研へ来てはじめてやりだした。そのうちにハイゼンベルクの論文が出て、核力という考えがでてきて、そうしますとネ、中

性が電子と相互作用するよりも、中性子が核と相互作用するほうが強いということになっちゃったんです。その electric moment や magnetic moment で電子をはねとばすのは問題にならぬほど小さい。そこでハイゼンベルクの核力でいろんなことを、有効断面積とかエネルギー損失とかの計算をしようではないかということになった。そのころ重陽子が見つかったんで……。

藤岡 昭和7年にネ。

朝永 それで重陽子は中性子と陽子とがくっついたものだろうという考え——これは誰でももつ考えで、重陽子の計算をいろいろやりました。核力を仮定してネ、short range の力として、そのばあい交換力とふつうの力といろいろある、それを仮定して、そして重陽子の結合エネルギーとか何かからその力のだいたいの大きさがきまるわけで、それをきめて、重陽子からきめた力の大きさをつかって中性子陽子の散乱断面積を計算しようという、そういうことをやったんです。そうしているうちに陽電子の問題が出て来て、それで坂田君と pair creation の計算をやり出した。

その pair creation の計算を御殿場でやったのが昭和8年です。

藤岡 そういふどこかへ行ってやるということをとときどきやられたの？

朝永 ええ、昭和8年に坂田君が来て、そのときにディラックの理論——その陽電子という話は、だいぶ前からあったんですがネ。宇宙線の中にそれが見つかった。それからシャワーなんていうのが非常にたくさん出る。それでそんなに確率が大いいとすれば、その有効断面積を計算してみよう、というわけで、仁科さんもどうだ、やってみないかというから、やってみましょうと言って、それを始めることになった。それがちょうど夏休みにかかったんだけど、これはいそいでやらないとどこかでやってるにちがいないからというんで、それで御殿場の東山荘というのを仁科先生が見つけてきて、そこへ合宿したわけです。

藤岡 何人行かれたの？

朝永 いや、あれは坂田君とぼくと。仁科さんは奥さんと坊やと家族で。それで計算をやり出した。だいたい、はじめはどうやっていいかわかんなかったんですが、まあ何かやっているうちに、すこし近似するとわりに簡単になるということがわかって、一応めどがついたので、これで進めようという、あとは東京に帰って来てやったんですけどネ。それが例のベータ・ハイトラの公式み

たいな、あとでそれを見てガッカリしちゃったんです。こっちはだいぶ得意になってたところが、ベータとハイトラーのがぼくたちのやったのよりもはるかに徹底的にやってある。そういうことがありました。それからもう一つ合宿したのは、昭和10年ですか。ディラックの本を訳すという。これはネェ、おそらくタンク（富山小太郎氏）が先生にけしかけたんじゃないかと思うんですがネ。まあアレ非常にいい本で、岩波で出させる。それを今度は北軽井沢に行ってやった。先生は一軒ちょっと大きな家を借りて、それからぼくたち3人で、これは玉木君と小林君とぼくと——そのときは坂田君はもう大阪へ行ってた——それは小さい家を借りて、何か山小屋みたいな家ですけどネ。そこで始めたわけです。その夏は浅間山がしょっちゅう爆発した。

藤岡 それから仁科研で遠足をやったネ。ぼくも一緒に行った。箱根へ行った。

朝永 富士山をバックにした写真がある。あれは、高嶺研究室と仁科研究室と非常にしたくしていたんで。

藤岡 あんな遠足なんてのは、それ一回だけ？

朝永 いや、箱根へ行ったあとも、矢崎（為一）さんの親戚のおられる甲府へよく行ったでしょ。

藤岡 ぼくも行ったように思うな。仁科さんはボーアの奥さんがやさしい人で研究室の人を家へよんで、いつももてなしてくれた話をした。それからハイゼンベルクがまだ若いときにボーアがゲッティングゲンへ来て講演をした、そのときハイゼンベルクが質問したら非常に質問が気に入って、あとで来いってハイゼンベルクに言った。黒板の前でも話すのかと思ったら、つれ出してネ、森の中を3時間ぐらい散歩して話したという。コペンハーゲンでもネ、ハイゼンベルクと話をするときはいつもどこか散歩しながら話したって言うこと言ってた。やっぱり仁科先生そういうことがだいじだと考えて、日本でもやりたかったんだろう。

朝永 そうでしょうネ。

藤岡 ライプツヒ大学との交換で朝永さんが行かれたのは昭和12年したね。

朝永 12年。ボーアが来た年です。

藤岡 あのボーアをよぶのについてネ、まだぼく調べ尽くさないんですけどネ、昭和5年にネ、よぶ計画をしてるんだ。

朝永 ああそうですか。

藤岡 昭和5年の6月あたりの日付でネ、ボーアがアメリカから帰られるときに、その帰りを秋に1月ぐらい日本によびたいって。それでネ、そのときに財界の人に頼むつもりだけれども、われわれも学者仲間がわずかでも贖金して、おみやげでもあげられるようにしたいって、それで一口2円でネ、募集してるんだ。そうするとネ、応募してるのに、長岡半太郎3円とか、本多光太郎3円とか、西健2円とか、田丸節郎2円とか、一番奮発してるのが桑木彥雄15円ってのがある。それ、このあいだあそこ（仁科記念室）で見付けてネ、面白かった。ところが仁科さん非常に事務的だから、事務的にハッキリしたこと言われるから、あちこちにそちらの教室でできるだけ有志を勧誘してなるべくまとめて送ってくださいを書いてあるんだけど、それをまとめて送ってくださったのは本多光太郎さんなんだ。ところがそのとき来なくて、のびてネ、昭和9年だったかにまたやりなおした。長岡先生が三井家から金を出してもらう交渉してる手紙がある。ぼくは日本に5年にはおらず、9年にはいて、その話聞いたように思うんだけど。とにかく来れなかった。それから来られたのは12年でしょ。いろんなところから金を集めたと思うが、その話をあまりご存知ない？

朝永 ええ、知りませんネ。あのハイゼンベルクとディラックが来たときは、あれは昭和4年ですネ。あのときは雨潤会、じゃなかった、啓明会が……

藤岡 啓明会？

朝永 啓明会は、大河内さんが理事長になってた財団なんですネ。それで、雨潤会っていうのは何のときだったかなあ。

藤岡 あれは昭和4年で、これは二人がたまたまあそこへ、アメリカへ来た、その帰り途に日本に寄れてよんで講演してもらった。ディラックのほうはすこしながくいた。

朝永 そうでしたかネ。

藤岡 で、ここへ来る途中で、二人で碁をおぼえちゃって、その翌年、ぼくがライブチヒに行ったとき、ライブチヒのコロキウムのあとで碁をやろうという。ピンポンをよくやってたが、きみのときもやってた？

朝永 いや、ぼくのときはもう結婚してたでしょ。それであまり。

藤岡 みんなと一しょに遊ばなかった。

朝永 遊ばなくなったらしい。

藤岡 それで碁をネ、やったしネ。それからディラックは碁を自分で研究して、右のはじと左のはじとつながる碁を発明した。

朝永 ところがネ、実は今日、学士院で水島三一郎さんとディラックの碁の話がでてネ、かれはどこかから聞いてきたらしいんですけど、ディラックが発明したんじゃないんだって。

藤岡 ああそう。

朝永 マックス・ニューマンとかいう数学者が、考えたんだって。そう言っていましたヨ。

藤岡 そうですか。

朝永 だけど、ひろめたのはおそらくディラックでしょう。日本までやってきたんだから。

藤岡 それからネ、ディラックが、二度目に日本に来るという電報があったけど、ベックと二人で来るより前に一人で来たのかしら。ディラックとベックと一緒にだったかしら。

朝永 いや、あれは偶然一しょになった。だから、ディラック一人で来たんでしょ。あのときは碁ばかり打ってた。

藤岡 ええ、仁科さんは宇宙線の話をしようと。予告は“cosmic rays”という演題なんだ。ところが宇宙線の話をつくらして見せても、フンフンと言っているだけで、ちっとも興味を示さないで、碁ばかりやっていた。

朝永 そう。

藤岡 それが1935年だったですね。で、ベックとはこっちで一しょになった。

朝永 そう、そのときぼくおぼえているのは、ディラックは、帝国ホテルに泊っていたんですが、仁科先生がネ、ディラックがあそこに泊っている、一緒にめしでもたべに行くから一緒に来ないかって言う。それで行ったんですが、そしてロビーでしばらく話をしていたら、仁科さんに碁をうつかってディラックがきいたんです。仁科さんがキミはどうだいっていうけど、ぼくは全然だめですってことわるとディラックがやろうやろうって言うんで仁科さん断れない。そしてディラックはボーイ呼んで碁盤持って来いって言っちゃって、ボーイが持って来た。そしてサアやろうっていうわけで、仁科さんもサスが弱ったらしいんだけどね、そいじゃやる、とかなんとか言って、仁科先生が先手黒を持って真ん中へボイと置いた。

藤岡 ハハハ

朝永 碁盤の真ん中へ置いた。ディラックがどこかへ置くとそれと対称のところに置く。そんなことをやって、そして仁科さんニヤニヤしてる。

藤岡 そういう手があるんだネ。

朝永 あるんだ。太閤さんがやったとかいう。

藤岡 一つ先に打っとけば、きっと勝つという。

朝永 それでディラックもこれじゃダメだと思ったのか、しまいまでやったんじゃない、途中でやめたんだと思いますネ。

藤岡 仁科さん、そんなこと、本当に太閤の碁の話を知っててやったんだな。

朝永 ディラックは、理研へやってきてミナガワ（皆川理氏）とか杉浦（義勝）さんとかああいう連中、それから西川（正治）先生も碁のお相手したらしいんだ。それで例のあの端のないのをやり、はじめ日本人はみな勝手がちがうんで負けてたらしいけど、そのうちに勝ちだしたらしいですね。

藤岡 西川さんが負けなかったって。西川さん強いんだ。

朝永 強いんですね。

藤岡 それが昭和10年でしたかネ。たしかディラックが来る——9月から行きたいとかいう電報がありますからネ。1935年というのは昭和10年。それから、ボーアが来たときの様子はどうです？

朝永 あのときは、ボーアがあのだ得意のゲダンケン実験ねえ、あの時計だとか、機械の絵をいっぱい、歯車なんか書いて、あの話を聞きましたねえ。

藤岡 そしてあの、お皿のまん中に玉をいくつも入れておいてこちらから一つころがし込むと、つかまってしまうが、どうかすると出ていくのがある……

朝永 原子核反応の模型ですね。

藤岡 あの絵はボーアの伝記なんかにも書いてありますね。ぼくは、あのとき毎日新聞から頼まれて講義の筆記を毎日毎日——5日あった、東京で——それを書いて報告する約束をしてネ。ああいう、いろんな話、みんなはじめて聞く話が多いもんでネ。あの生命と化学だとかネ。相補性という話はまえにもわれわれ書いているんだけど。

朝永 いやー、仁科先生がねえ、講演やるとそれを日本語であとで話してくれるでしょ。よくおぼえているなと思って感心してしまう。

藤岡 ディラックとベックのときの講演の筆記と思われるものがあるんだけどネ、よく書いてますヨ。

complementarity というのを補足性と仁科さんは訳してただけけれど、あとで相補性に直した。仁科さんは相補性好きだったなあ。

朝永 ハハ。その相補性の話でネ、物理の話でないいろんなこと言いだしたでしょ。とうとう西洋の文化と東洋の文化が相補性だとか、いろいろ……。さすがの仁科先生もその辺になると、follow できなくなって、西洋人はコーヒーを飲んで日本人はお茶を飲む、これも相補性だ、とかなんとかボーアさんが言い出して、何だかわかんなくなったとか仁科さん言ってたことありました。

藤岡 生命について、現代の物理学的方法で生命を完全に理解することができるかという問題で、ボーアは「できない」と言う。「物理的方法をもってすると、かならず最後には生命を死にいたらしめる。生きたままの生命の観察ではない」と。

朝永 そうそう。

藤岡 ぼくも相補性の信者だからネ。しかし、新しい生命論が出てこないかな。そのうち。あの話は昭和12年です。ボーアさん夫妻と一緒に私は日光へ行ったので、印象が深いんだけど。

朝永 その映画がある。

藤岡 東京の講演が済んで、はじめて旅行に出たもんでネ。それから木村健二郎さんが連れて東北へ行ってネ。それからみんなで分担したんだ。

朝永 あの映画ごらんになったでしょ。

藤岡 いや、ぼくは見なかった。

朝永 もしなんならここへ……。財団にありますよ。

藤岡 いや結構……。それ、複写して持ってきたんでしょ。

朝永 そう。オーゲボーアが。

藤岡 それから、朝永さんはその年にヨーロッパへ行かれた。

朝永 ええ。あれは6月か7月でした。夏休みのまえに行って、すこしならしておこうというんで。

藤岡 それまでに、こっちへ来られてから外国に行かれるまでの間に、仁科研究室として書いた理論の論文はいくつぐらいありますか？

朝永 相当ありますよ。

藤岡 論文を集めたものありますか。

横山 (仁科記念財団事務局 横山すみ) 仁科先生の論文集はございます。

朝永 それに、ぼくと一緒にやったのはみな、はいているでしょ。

横山 仁科先生の還暦のお祝いのときにつくったもののコピーがあります。

藤岡 それを見れば……

朝永 それから、一緒にやったのがぼくの全集にはいっている。あれを藤岡さんに一つ差しあげるといい。

藤岡 全集？

朝永 そうねえ、15~6 あるんじゃないかな、ちっちゃいのまでいれると。

藤岡 あのところは、理研の講演会ってのが春と秋にあって、それへ大阪からキクチ (菊池正士氏) が出て来てやるんだ。仁科研究室と競争みたいだったけど……。サガネがネ、ひどく口が悪いので、菊池が怒っちゃって。「もう行かない」って、その手紙を仁科さんに見せられたことがある。

朝永 (笑) そう。

藤岡 つまり、「サガネの言い方はネ」とキクチは言う。「それがいいとか悪いとかいうんじゃないくて、アメリカでやっていることと合わないからいけないって言うんだ」

朝永 あのねえ、ぼくが菊池さんのことで覚えているのは、中性子と電子が相互作用するという、アレをボーアが来たときに、ボーアが日本でいるんなやってる仕事をききたいって言うんで、ここの講堂だったと思うが、ボーアが聞き役になったことがある。そこであの話をしたんです。そしたらボーアはどうも納得がいけないらしくてネ。根ほり葉ほり、いろいろ実験の装置がどうなってるか、geometry はどうかとかを根ほり葉ほり聞いて、ほかに可能性があるんじゃないとか、いろいろ聞くわけ。ガンマ線なんかが出ていて、それがやるんじゃないかって、そういうような疑問なんですネ。いろいろ根ほり葉ほり聞いて、どうも納得いかないという結論だったようです。

藤岡 あれはネ。結局、まちがいでってことを東芝の田中正道さんという人が、ハッキリさせた実験をしたんです。それからボーアに湯川さんがいろんな話をしたんだね。そしたら「あなたは new particle が好きか」と言ったという話があるんだけど、それは本当かね。

朝永 ええ、それ本当らしいですよ。ぼくは湯川先生から聞いた。

藤岡 湯川さんが直接ボーアと話したんでしょ？

朝永 そうでしょ、あれは京都へボーアが行ったときのこと。それからぼくたちが御殿場でやった pair creation の計算、それからそのあとでいろいろやった計算の話を仁科さんがしたらしい。これはたいへんな、“tremendous work” だと言った、tremendous work ってどういうことだろうと思って……（笑）

藤岡 それから？

朝永 それから、さっきの話で、ぼくが東京へ来てすぐの冬だったと思いますが、仁科さんが二人で計算をしようと言う。仁科さんのうちへよばれてネ。ぼくが正月休みは京都へ帰るんで、帰るまえにやっちゃおうというわけで、先生のうちへ行って、タイガーの計算機を二人で並べてまわして、それで数値計算をやったことがあるんですけどネ、ああいう二人並んでやる計算を——数値計算でなくとも——パラレルにやって、そしてときどきつきあわせる、というやりかたネ、あれ仁科さんが盛んにすすめたわけです。一人で計算するとネ、かならずまちがえる。まちがって最後まで結局やった仕事、どこかでまちがえるとそこからあと全部まちがいになっちゃう。

藤岡 なるほどネ。

朝永 だから、それ、独立にやってはつきあわせてやる。こりゃいい方法だなあと思ったんです。それがあのクラインの書いた思い出ばなしによると、そういうやりかたをクラインと仁科がやったらいいですネ、二人で。それでネ、やっぱり、われわれが御殿場へ行ったように、夏休みかなんかに、クラインと一緒に景色のいいところに行ってやったらいい。だからむこうじゃそういうことしょっちゅうやってたんでしょ。

藤岡 クライン・仁科の論文というのは、仁科さんの帰って来られるちょっと前ですね。

朝永 アノネエ、その前は仁科さんは実験やってたんでしょ。

藤岡 そうそう。

朝永 それが、クライン・仁科の公式なんか、かなりむづかしい問題だったと思うんですがネ、クラインがいろいろ教えたにしてもあいあうふうに見事に実験屋から理論屋に変わって、そしてあんな一流の仕事をするんでしょ。えらいと思うんですがネ。

藤岡 えらいネ。

朝永 それで木村（健二郎）先生に、仁科さんはX線の実験をやってたって言うけど本当に自分でやったんですか？ と聞いたらネ、「やあ仁科さんは実験がなかなかうまいんだヨ」って言ってましたネ、何かこういうんな器械を、ちょっとした器械をつくったり……

藤岡 むかしはみんな両方やったんです。長岡半太郎にしても、また英国でもそうだな。

朝永 菊池さんでも藤岡さんでも、むこうへ行ってるときは理論をやってた。

藤岡 そうなんだ。

朝永 それから、仁科研究室のやりかたですネ。てんでんに自分の勝手なことをひとりでコツコツやっているとこのうんじゃない、仁科研究室はそうじゃなかった。これがだいぶ先生得意だったらしい。つまりコペンハーゲン流なんでしょうネ。

藤岡 だから実験のほうでいうとネ、はじめは宇宙線をやるっていうんでウィルソン霧箱それから電離箱をかなりやってたな。それから、コックロフト・ウォルトンは仁科研究室では作らなかった？ 鳩山（道夫）君がやったアレ……

朝永 あれもネ。コックロフト・ウォルトンをはじめやるつもりで、ここ（23号館）の地下室で新聞啓三さん——サガネ君もだが——新聞さんがやってましたがネ。結局、サイクロトロンがコックロフトの次の年に出たもので。

藤岡 サイクロトロンのほうが将来性があると見たんでしょうネ。

朝永 また、マグネットがネ、ちょうど具合のいいものがあった。

藤岡 あれはどこかのを持ってきたんでしょ。あれどこだっけ、無線の発信所。

朝永 原ノ町です。

藤岡 あれは3ミリオンぐらいでしょ。2ミリオンか3ミリオン。あれはマグネットが貰ってきたものなんで、そのためとくに作ったんでないんで、かえてゆとりがあってよかった。

朝永 ここにありますよ。*注

藤岡 菊池君のはネ、自分で設計したもんだから、ゆとりがなくて、あとで困ったって。

*注 二つ貰ってきたマグネットのうち、戦後小サイクロトロン再建に用いたものが、理研の和光市移転のさい残していかれ、アイソトープ協会敷地内に置かれている。

朝永 あれは実にうまくできたらしいですネ、あの小さいほうは。で、あれでしょ、矢崎さんがウランの237を見つけたのは小さい方のサイクロトロンでしょ？ 矢崎さんがというよりも木村健二郎さんが言ったほうがいいかもしれないけれど。速い中性子でウランをたたいて。

藤岡 ああ、あの実験。

朝永 それがこわれてネプツニウムになって、またそれがこわれてプルトニウムになる……。ただ、木村さんに聞いたらネ、それが壊れて何になるかっていうことはわからなかった。ウランのアイソトープであるということは、つまりふつうのウランにはない半減期のベータ崩壊があって、それが237だろうという、そこまではわかった。それがベータを出したあと何になるかということは、ついにわからなかった、という。それは量が少いからでしょ。

どうもネ、あのサイクロトロンを壊されたのは、その辺を気にしたんじゃないかという説もあるんです。

藤岡 それから、そのころの話で何か話題はありませんか、朝永さんが行かれる前は、そんなものかな。

朝永 そうですネェ。行く前に大きいサイクロトロンを作ろうっていうことが始まってた。

藤岡 あれは、アメリカがやっているのと同じものをやろうという……。

朝永 それがうまく行かないで、実験の連中ずいぶん苦労した。

藤岡 だけど、それはもっとあとじゃない？ もう大きなサイクロトロン始まってたかな？

朝永 始まってたと思いますヨ。

藤岡 大きなサイクロトロンは、あれはローレンスが鉄の材料を——くれるわけもないだろうから——買うのを世話してくれた。

朝永 ローレンスの論文を見てやったんでしょ？

藤岡 ローレンスのところから来た——こんなに大きなまるい鉄なんてないから——アレを送ってきたのを呉の工廠でやった……。

朝永 それから宇宙線のブラケットに先にやられたっていうのネ、計数管制御のを作ったことは作ったんですけどネ、それじゃ磁場が弱すぎて何もわからないということなんで、ブラケットのところでやってるのより、弱い磁場じゃ意味ないっていうんで、ソレデあのでっかいマグネットを作った。空襲で焼

けたあとまで、ここにだいたい永くありましたけどネ。そして、それをつくったけれど、電源がないんです。マグネットを働かせる直流の電源がない。それでこれを横須賀でやるという……。

藤岡 横須賀？

朝永 海軍工廠でネ。あそこに潜水艦のバッテリーを充電する直流電源がある。それでその大きなマグネットを運んで、そこでやった。ブラケットに追いつけ追いこせてんで。それでゲタヤさんがむこうへ行行ってやった……。それで、そのときの横須賀の工場長あての手紙があるんですヨ。これ石井(千尋)さんがどこかから見つけてきたんだけどネ。

藤岡 その箱はなあに？

朝永 これは仁科先生の思い出を集めたものです……。これこれ！ 昭和12年の手紙ですがこれ読んでごらん下さい。面白いから。10年ごろからやってたんじゃないかと思いますが、期間延長の願いで、

「ブラケットがトラックをたくさん撮ったんで、自分のほうもそれと同じか、それよりたくさん撮らなきゃならないから、もう一年のばしてくれ」っていう内容です。

第 2 回 5月22日

朝永 ボーアが来たのは昭和12年で、ボーアは5月ごろ来て、ぼくは6月にドイツへ行くことになった。

藤岡 そうでしたネ。

朝永 それでまあ、これ仁科さんの思い出っていうよりぼく自身の思い出みたいになっちゃうんだけど、そんなのもいいですか。

藤岡 いいですよ。

朝永 ドイツに行きましてネ。たしか6月に出て7月に着いたんだと思いますがネ。というのは学期が始まるアンマリぎりぎりに行くより、すこし前に行ってなれていたほうがいいと思って行ったんです。それで学期が始まって、9月ですがネェ、はじめてハイゼンベルクに会った。そのとき、いろんな話、どんな仕事を今までしてきたか、というようなことを話し、どういうことをやらいいだろうかというようなことを言ったんです。そうしたら、湯川理論の話も出て、まあそういうのもあってコレ面白いけれども、もうすこし基礎の確か

なことをやったほうがいいんじゃないかっていう話だったわけです。それから、あなたはもう一人でできる、どういうことやったらいいか、一人で考えられる人だと思うから、こっちから何をやれって言うようなこと言わないけれども、ってなことで、そのころライブチヒでやっている仕事の話がでて、こんなことでもやったらどうか、ということだったんです。ぼくは出かける前にいろいろペーテの赤表紙の本など——原子核の——あんなのを一しょけんめい読んで勉強しておいたんで、あのときに原子核をフェルミガスとしてやることをハイゼンベルク自身がやってましたでしょ。それをもうちょっとダイナミカルに理論化したい。フェルミガスのボーアの理論だと中性子のはいって温度があがって、うんぬん、という話がありますネ。そこをもうすこし、ただ温度があがってののではなくって、振動がおこるわけですネ。中性子がとびこんですぐ熱になっちゃうか、ふつうなら、液体モデルだったら、タマがとびこめばゴチャゴチャやって、それが粘性で熱にかわるわけでしょ。だからそういう粘性がどうなるとか、熱の伝導——中性子がぶつかったところだけが熱くなって全体はそんなに熱くならないんじゃないとか、いろいろなことを考えるわけ。熱伝導とか、粘性とか、そういうものを計算したらどうだろうか、と思うってなこと話したら、ハイゼンベルクたいへん興味を示して、それは witzig な考え方だ、そいつは面白そうだから、やれって言うわけ。それでそんなことをやり出したんです。それは、一年ぐらいで仕上がったんですけど、そのあとどうしていいかわからない。だいぶいろいろ迷った。結局、あとは何もしないで帰ってきたんですけど。

藤岡 論文ができたって何かハイゼンベルクの招待があったそうじゃない？

朝永 いや、べつに特別な招待じゃないんで、学期末にネ、むかしはピンポンをしょっちゅうやってたんだけど、あのころはもうハイゼンベルクも結婚したせいかピンポンはもうあまりやってなかった。ただ、学期が終ってあした夏休みにはいるというときに、集まって飲んで、あとピンポンやってた。そのときに、ハイゼンベルクがあいさつした。オイラーってのが、ドクターハビリタチオン、それともう一人若い、バッグという、これがドクター論文、そのお祝い。それからぼくのこと言及して、東洋から来たお客さんも仕事ができたといいような、そういう話なんです。

藤岡 ええ、アレに書いてあるネ。あの「滞独日記」に。

朝永 そう。だけどネ、しあげたけど、しあがってみるとアンマリどうも、たいしたもんじゃない。まあそんなわけ。

だけど、いま考えてみると、そのときにハイゼンベルクのやってた仕事から影響をうけた。彼中間子の問題について、いろんな人がいろんな事をやってるのが全部まちがいで言う。つまり、摂動論なんかでやっちゃダメだという、そういう話をしていて、彼が書いた論文のゲラを、これ興味があったら読んでごらんと、くれたりしてネ。その影響をぼくは非常に強く受けたと思いますネ。

帰ってきてから、ハイゼンベルクとオイラー、——さっきもちょっと話ができましたけど——オイラー・ハイゼンベルクの論文という宇宙線に関する非常にガッチリした総合報告が出る。それを仁科さんにぜひこれを勉強したらいいじゃないですか、宇宙線の人と一緒にこれをコロキウムやろうと思いますと言ったら、仁科先生「それはいい、大変賛成だ」と言って、それで理論の連中と宇宙線の人とでやった。

それからこれ、帰ってからあとだと思うんですけど。宇宙線の人たちがトンネル、あそこの……

藤岡 清水トンネル……

朝永 あそこで実験をやっていたデータをすこし理論的に分析してみようということで、あそこの関戸（弥太郎）さんのところから定期的に報告が来るんですネ、それを理論的にしらべようとすると、なにかもうちょっと、こういうことが知りたい、ああいうことが知りたい、ということが起こるわけです。そういう話をすると、仁科先生からさっそくむこうへ注文が出るわけです。どうも理論家の注文というのは実験家ができないようなことを注文するので、石井さんや宮崎（友喜雄）さんやら迷惑したんじゃないかと思うんだけど。しかし結局、宇宙線ってのはわからないことが多くて、なにせ統計的に非常にサンプルの数が少ないですからネ。

だけど、そのときに、非常に深いところでの宇宙線強度を測って、浅いところの外国でやっているのから延長していくと、途中でこう折れまがるような感じがあるんで。清水トンネルの観測というのは、地下の実験のうちであの当時が一番深いところの実験だった。たしかに折れまがっている。この折れまがりがどういうことで起こっているんだろうか、ということのをいろいろ調べたんで

す。つまり、エネルギー損失にふつう電離作用と、それから高いエネルギーになると制動輻射——X線を出すそのための損失、そのほかにいろんなものが考えられる。たとえば直接 pair をつくるとのことなど。それから、そのころはメソンという考えかたがあったわけですけど、メソンをベクトルメソンとするといういろいろがうんですネ。簡単なクライン仁科の公式とちがう結果が出てくる。そういうことを入れて、この折れまがりの説明できないかということをやったんですが、結局ベクトルメソンじゃない、シュードスカラーとした方がいいということがだんだんわかってきた。ところが中間子に2種類あって、一方が他方に変わるという効果を入れますと、そのまがりによく説明がつく、これはたしか宮島（龍興）さんが言い出した。実際、地下に行くともうミューばかりになる。初めあったのがだいたいなくなってしまうところあたりで折れまがっている。

それからもう一つはネ、それはこういうことです。中間子のプラスとマイナスとで核にぶつかったときに、ちがう現象が起こるという、これはあたりまえの話なんですけどネ。マイナスだと核にぶつかる。プラスだと途中でこう曲がっちゃうでしょう。ですから、捕獲というのはマイナスのでは起こるけれど、プラスのでは起こりにくいわけです。それでZが大きくなりますと、プラスのメソンはほとんど捕獲されない。そのかわり、崩壊するわけです。それからマイナスの方は捕獲されちまって崩壊しないわけ。で、それがネ、どれくらいかZのところでおこるかという計算をやってみた。それまでは、宇宙線は非常に速いからというんでしょう、おそらく。核のポテンシャルのかべの存在ってものをほとんど考慮に入れてなかった。だけどそれを考慮に入れなきゃいけないという……。これも仁科さん非常に興味をもって、そりゃもう早く論文出しなさいって言う。このころはもう仁科先生は自分の名前を入れて出すんじゃないで、つまり留学する前はだいたい先生との共著というかこうで出してたんですけどネ、帰ってからあとは先生ももう、ぼくの独立を認めてくださったわけ（笑）。それで、これは荒木（源太郎）君と二人で、荒木君とぼくとの名前でフィジカル・レビューに送りました。

藤岡 ああそう、荒木源太郎ね。

朝永 こんな、あとから考えると当然な、すぐわかる、誰でも気がつきそうなことなんですけどネ。

藤岡 それは15年ですネ、それじゃ。

朝永 そうです。15年ごろです。

藤岡 あれはネ、ぼくが15年に文理科大学をとび出して、理研で仁科さんの応援に来てたんです。そのときに荒木君も連れてきて、そしてこの、君のところに頼んだんだ。それが15年で、16年にはこんどは君を、一緒にあっちに引っばった。その間のことだから、ちょうど15年のはず。帰ってらしたのは何年？

朝永 帰ってきたのは、12年に行って、13年、14年。14年だったかな。

藤岡 ああそう。ええ。それで15年にそんなこと。荒木君と一緒に論文をフィジカル・レビューにお出しになった……。

朝永 だいたい、ですからそのころからはネ、仁科先生、理論の方はぼくにまかせっきりみたいになかったうで。

そしていまおっしゃったように、文理大へ16年に。

藤岡 でもまあ、実際上はこっちにおもにいらしたんでしょ。

朝永 ええ。それで、あのときぼくを文理大へひっぱりにいらしたのは藤岡先生だったと思うんだけど。あのとき仁科先生は、ぼくを文理大へよこせと言ったさい、どういう反応を示されたのか、ぼくはよく知らないんだけど(笑)。

藤岡 「朝永君が行っちゃう、行っちゃう」って、なげいていられたということだけネ。だけどマァぼくも、仁科先生と曙町と一緒に夜散歩しながら話したんだが、仁科先生が言われるのは「いま湯川君が有名だけど、実際は朝永君の方がシッカリしてるんだ。それで何か大きな仕事をさせたいと思って、いつまでもここにおきたい」というようなことだったんだけど、まあ文理大とこことは本当に非常に近いからネ、行ったり来たりして、ここにずっといられたというのと変わりはない……。それからまあ、やっぱりネ、それまでみんなここ、理研にいた人が、よその大学へ行っちゃうでしょ。理研でいうところは非常にこう自由で、いいところですけどもネ、財団法人であるというところに何か不安がある。それより国立の親方日の丸の方が安心感がある、という、そういうようなことでネ。籍だけ文理大に来ていただくこともいいんじゃないかと言って、お願いしたんだけどネ。あそこは大学としちゃあ小さなもので、とくに……。だけど実際それはまあ、当たったようだな。戦後はあの理研の混乱状態、君をそのまま理研にずっと置いたらネ、君としちゃあ、そう仕事はできなかったらと思うんだ。

朝永 そりゃ、はかりかねるけどネ。とにかくまあ、文理大とこことは近いし、文理大の方もネ、あのころは学生の数も少なかったし、それほど負担というほどのものでもなかった。講義だっていいかげんな講義だし、それに教授会になんか出なくってもいいし……。それでやっぱりここでやりましたネェ。

藤岡 仕事はネェ。そう。で、宮島君も文理大へ来てもらった。同時にこの理研にもいたわけでしょ。

朝永 あのころ、中間子論という、はじめはまあ非常にうまく行ったんですけども、いろんなところで問題が出てきて、中間子に、パイとミューと2種類あるということがわかったのはもうちょっとあとだったな。そのネェ、これはちょっと自慢話みたいですけども、荒木君とぼくとのその論文がネ——プラスとマイナスとでちがうという、それがイタリーのコンヴェルシとかピッチオーニとか、イタリーの宇宙線をやってた実験家がその問題をとりあげて、プラスとマイナスをわけますネ。われてそれをいろんな物質の中を通して、そして核につかまって吸収されるか、あるいは崩壊するか——ぼくの計算だと鉄あたりを境にして、ハッキリそのちがいが出てくるはず——そういう実験をやったんです。そうしたら、全然そうはなっていない。つまり中間子が核に捕獲される確率は非常に少ない。ぼくのだとZが大きくなればプラスはほとんど捕獲されないが、しかしマイナスの方は捕獲される。ところが、捕獲されないで崩壊する方がマイナスでもやっぱりある。そこで原子核と中間子の相互作用は、思ったほど大きくないという、つまり湯川理論で言うほど大きくないという、それがハッキリしてきた。それがきっかけになってアメリカで捕獲される過程をフェルミが非常にくわしくしらべて、そこでどうしても湯川粒子と当時見つけていた中間子とはちがうんだという、そういうことを言い出した。それで結局湯川粒子っていうのは——核力を媒介するようなヤツは、原子核と非常に強く相互作用するけれども、このへんにある中間子は原子核とほとんど作用しないんだという、そういうことがハッキリしてきた。それでミューとパイとは別もので、アンダーソンが見つけたのは湯川粒子ではなかった、それからできたミューである、というわけ。日本でも坂田君がそういうことを言い出してたんですけどネ。それはいまのイタリー人の実験でハッキリしてきたんですが、そのころにも、中間子の散乱の実験があるんです。ウィルソンなんかがやった。それがさっきゲタヤさんも言ってたんだけど、その散乱がラザフォード

散乱では済まないはずだ、つまりもし湯川粒子ならば、原子核との相互作用が非常に強くなるために、散乱の、大きな角度の散乱がもっとあるはずだ。ところが実験してみるとラザフォードの公式によくあうという事実がわかった。そこでそれをどう説明するかというときに、まあいろんな考えかたがあった。坂田君はそこで結局湯川粒子とアンダーソン粒子とはちがうっていうんで、2種類あるってことを言い出した。そのほかに、湯川先生はもう少し drastic に量子力学が成り立たなくなるんだという考え方をし、ぼくはハイゼンベルクの影響をうけてるから、摂動論なんかで計算するからそういうことになるんだと、三人三様のことを考えた。そこでメソン会というのを開こうという。これ、タケタニ（武谷三男）さんが言い出したんで、中間子討論会という、それで三人にその三つの考え方を報告させよう、チャンと詳しく報告させよう。そしてそれについてどれが正しいか、あるいはそれぞれにマァやってみろ、ということになるか——結論的にいうと、それぞれ自分の考えでやってごらんさい、どれがいいか悪いかという、「判断はつけかねる」という、それぞれ進めということになったんですけど。

藤岡 その三人というのは、君と湯川さんと、

朝永 坂田君。

藤岡 坂田君、なるほど。それでやってみるというのは？

朝永 散乱の問題。湯川粒子なら相互作用が大きいはずなのにアンダーソン粒子の散乱をしらべるとそんなに大きくない。ラザフォード散乱だけでいいんだという。それを坂田君は湯川粒子とアンダーソン粒子とは別なもので、中間子に2種類あるという。それから湯川さんののは、よくわからないんだけど、まあ量子力学がダメになる。で、ぼくの方はですネ、湯川粒子は摂動論なんかで勘定したのではダメだ、それを摂動論でやってるから散乱も大きくなるという、そういうこと。これはハイゼンベルクもそういう考え方でした。それで、それぞれやってみるというわけ。そのとき、その中間子討論会の第1回目のときに、仁科さんも列席して、アレでしたネェ……。そういう結論が出るまえに、いろんなことを、渡辺慧さんが、いろんなことを言うわけですヨネ。そうするとそれを片っぱしから武谷君がまぜっかえしちゃうんだ。それで渡辺さんが、怒ってというわけでもないんでしょうがネ、「ちょっとだまってくれ」って、武谷さんの口をこう押さえたんです。そしたら仁科さんが、「オヤオヤ暴力で

発言を押さえるのか」と冗談めかして言って、大笑いになったことがある。それでまあ、2回目をやろうということになって、2回目も——いや、いや2回目にそんな報告がされたんです。そして3回目引きつづいてやろうというところでもうやれなくなった。戦争がひどくなって……。2回だけでおしまいになりました。そういうことでした。それで、いわゆる中間結合とか、強結合とかいうのは、そこから出て来てるんです。摂動論でなしにやらなくちゃいけないと……。それから坂田君の方は、二中間子をずっとやってたんですネ。二中間子っていったって、ちがうといったって、そのちがいがいろいろあるわけで、モデルをいろいろ考えてやる。そんなことがその間にあったんです。それからそれがまた超多時間理論になるんですが、これは理研のこの23号館で、理論のコロキウムでぼくが披露した記憶がある。で、そのころまでは、これは昭和何年ごろまでですかネ、まだ理研でもわりあい基礎的なことをやってたんです。1943年というところ……

藤岡 昭和18年ですね。

朝永 そうです。昭和18年ごろまでは、とにかくかなり基礎的なことをやってた。そして仁科さんも、この戦争が終わったときに、戦争中どういう研究をやっていたかということ、ふたを開けてみたときにネ——戦争は勝つか負けるか知らないけれども——ふたをあけてみたら、日本でやってた研究がむこうでやってた研究に負けていちゃ困る、ふたをあけたときに日本でもこんなことをやってたとそういうふうにしなくちゃいけないってことを、先生が言ってた。それで原子力のこととか、電波兵器の関係のこととか、いろいろ仁科さんしょいこんでこられることになったんですが、しかし、ぼくには君これやってくれないかっていうことは全然おっしゃらなかった。これはまあ、考えてみますとネ、さっき言ったように先生がふたあけたときのことを考えておられたこともあるんだと思いますが、もう一つはネ、ぼくは兵隊にとられる心配が全然ない(笑)。

藤岡 まずない。

朝永 ある程度やっぱり——さっきゲタやさんと言ってたんだけど——何かやっていると兵隊にとられないで済む。先生の方もネ、弟子たちが兵隊にとられないようにしてやりたいっていう気持ちもあったんじゃないかと思うんですけどネ。ぼくはその心配がないから、基礎研究だけやらせておこうと思ってら

れたんじゃないか……。

藤岡 君は徴兵は何種？

朝永 ぼくは徴兵、兵役免除なんです。“丁”なんです。ぼくはねえ、兵隊になりたいなんて思ったことはないんだけど、まあ“丙”ぐらいだろうと思ってたら、“丁”ときたんで、そのときはちょっとショックでした(笑)。

藤岡 ヒョロヒョロだったんだネ。

朝永 これはネ、ちょうど大学に入った年で、盲腸炎をやってすっかり弱っちゃってネ。それで、いまから考えると胃かいようもあったんじゃないか、骨と皮になっちゃってた。

藤岡 あのネ、島田へ行かれたでしょ。あれ仁科さんが関係されたの？ はじめは。

朝永 あれはねえ、例のマグネトロンというのを海軍でやって、かなりのところまで行ってたんです。マグネトロンというのは岡部——金次郎という人かな——その人が発明したといわれているんです。はたしてそうなのかよく知りませんが、マグネトロンというものは、あったんです。その使い方ですネ。日本独自というんですが、独自じゃないらしいんですけど。しかし、むこうから教わったもんじゃなくって、独立にやったのは事実だと思う。その発振の機構がどうしてもよくわからない。それで名和(武)さんから——何という人だったかな、理研に来て話をしたのをきいたことのある名和さんの下の人ですが、それが——ぼくはそのいきさつはよく知らないんですけど——仁科さんに持ち込んだり、東大に持ち込んだりして、サガネ君なんかが、やっぱりかなり積極的で……。

藤岡 マグネトロンって、これはマグネトロンだっていうのをぼくはあまり見たことないんだけど、どんなもの？

朝永 あのねえ、要するにこう、シリンダー、陽極がシリンダーになっててネ、まん中に陰極がある。まん中のフィラメントが陰極になっていて、そのまわりにシリンドリカルな領域がある。そして電圧をかけると、こう、電子がとび出してくる。それにこう、磁場をかける。そうすると、磁場がなきゃまっすぐにこうくるんだけど、磁場でグルグルまわるわけ。その回転の角速度に相当する電波が出てくるんですが、それはネェ、陽極に割れ目を入れておくんです。こういうふうに。サイクロトロンみたいなんで。そうするとここに振動ができ

る。で、それはまあここを電子がまわりますから、それに応じた振動が起こるということは、考えられないことじゃない。

藤岡 それで電波が出るってことはネ。で、その電波はどんなの？ 超短波？

朝永 超短波です。センチメートルかデシメートルの

藤岡 それが通信用にいいとか……

朝永 それはあの、電探につかったんです。

藤岡 ああ、電探ネ。

朝永 こっちから出して、「敵らしき目標」とか何とか……。

藤岡 なるほどネ

朝永 それで相当パワーを出さないといけない。かなりパワーの大きなマグネトロンを海軍で作って、それで電波探知機に使った。

藤岡 それで何か日本がフィリッピンでアメリカのを押さえてきて、それで日本で研究を始めたとか、そういうことじゃないわけ？

朝永 そういうことじゃない。

藤岡 前からやってたの？

朝永 そう。ただ、電波が反射してくるその電波を探知するっていうのは、イギリスのアップルトンが発明したんですがネ、その情報はもう日本に入っていた。その情報が日本に入ってきたのは戦争になってから、ドイツからそういう情報が入ったとかで、そのときに海軍の連中がマグネトロンというのは知っていたわけですが、電波がそんな飛行機に当たって反射してくるなんてのは非常に微弱なもので、とてもつかまらないうとを考えていたらしいです。しかしやってみたら案外、なるほどそういうことが起こるとい……。ですから電探というのは、それほど日本は遅れていない。もう空襲の初期から、あれで警報を出してたわけ。ただあの、レーダーっていうヤツねえ、あれは日本はついに出来なかった。それは波長をもっと短くしないといけないってことなんです。

藤岡 電探とレーダーとはどちらがうの？

朝永 電探っていうのは何かが来たっていう……

藤岡 向こうから来たときにネ。レーダーは？

朝永 レーダーというのは、やっぱり電波を出して反射させるんですが、その反射が地図に読めるようになっている。つまり、かなり精密に反射を受けとっ

て、そして、その反射の返ってくる時間が少しづつちがうわけですね。それで地図ができるようになってる。電探の方は、ただ何かがやってくるってことだけでネ。飛行機一つ一つが見えるようなもんじゃない。レーダーの方は、飛行機一つ一つが見える。だからそれは波長の長いのがダメというわけです。

それで、マグネトロンというのは海軍では非常に研究が進んでた。電探にはマグネトロンを使っていたということで。これをもっと性能をよくする。それからもう一つは、例の非常に強い電波を出してですネ、殺人光線ってヤツ。そういうことができないかっていうこと。それにはマグネトロンが、どういう理由で発振するのかっていうことをつきとめたい。それで東大の物理の人たちが動員されて、サガネさん——サガネさんがかなりまとめ役をしてたらしいんだけど、理論の人たち、小谷（正雄）さんもはいてました。それからそのほかにいろんな、例えば坂井卓三さんなんかも仲間に入っていたらしい。それでこっちからは、宮島君が行くことになった。宮島君は文理大で電気の講義をたのんでいたという、そういうこともあったんでしょう。宮島さんもよく行った。かれ、東大出ですからネ。それで、これは小谷さんか誰かが、宮島君もあればなかなか出来る人だし、電気の講義してるのだから、宮島君も仲間に入れようや、ってなこと、小谷さんあたりから言い出したんじゃないかな。とにかく誰か東大の先生のアイディアじゃないかと思うんですがねえ。それで宮島君が出て、いろいろその海軍の人が言う話をきくんだけれども、どうも何故発振するかという——ただ電子がグルグルまわってということと、それと同じような周波数の電波が出るということはわかるんだけれども、そのグルグルまわったからすぐそういう電波が出来るというのは、少し一足とびなんで、もうちょっとその間をつなぐ必要がある。それでぼくに、「こういうことをやらされてるんだけど、どうもわからない」というようなことを言ったことがあるんです。それでぼく、宮島さんがわかんない、わかんないって言っているの、どこがわかんないんだろう、というわけで、まあちょっと考えてみたら、そしたらどうもこれは induced emission だろうと……

藤岡 ええ、あのアインシュタインのA、Bという……

朝永 まあ、ありゃあ……

藤岡 ありゃあアトムのか。

朝永 いや、アトムのもいいんですけどね、古典論でいいんです。古典論の

induced emission。つまり電子がこう、まわっているだけじゃ、発振は起こらないんで、非常に微弱な振動がここにあったとするとネ、その微弱な振動と電子の運動とが共鳴して、そしてその位相の加減によって、振動の方がますます成長していく……。ヨルダンなんかがやった、対応原理による原子の induced emission の研究なんてのがあるんです。

藤岡 ハハア。

朝永 その載ってるツァイトシュリフトを引っ張り出して、まあその非常に微弱な振動があるっていう、そりゃ偶然のチャンスで起こる、それがどんどん成長していく、というんで説明できるんじゃないだろうか、と思って、やってみたら、そうなんですねえ。だから古典的な量子力学のやり方をすっかりまねして、量子化しない、つまりハミルトン・ヤコービの J と w を考えて、その運動方程式をつくって、そしてそれに周期的な力がはたらくと J がだんだんふえていく……

藤岡 その非常に弱い振動が始めからあるっていうのは何でなの？

朝永 これは偶然のショックでいいんです。

藤岡 ああそう。

朝永 これは真空管回路でもそうですヨ。あのふつうの L と C とでこういう回路をつくると、それが発振するというでしょ。それも何かタネがなきゃ発振しないんで、真空管のでも、タネがあるとそれが成長する。そのタネというのは何でもいいんでネ。熱運動かもしれないし、何かメカニカルな……

藤岡 それがマグネトロンの理論なの？

朝永 それのまあ、起こりですネ。

藤岡 君と小谷君と一緒にやったわけ。

朝永 いや、そういう発想はぼくがやって、ぼくはその作用変数とか角変数とかいうハミルトン・ヤコービのやり方で……。ヨルダンの論文がお手本すでから。それを小谷さんはもっと、そんなむづかしいものを使わないで出来るという……

藤岡 ああそう。それは東京にいるうち？ 島田に行ってやられたの？

朝永 だから、初めはその東大のグループがやっていた。ぼくが宮島君にこれはこういうふうを考えならいいんじゃないかっていう話をしたら、それを宮島君が東大でしゃべったらいいんです。それで、なるほどそういう考え方でよさ

そうだというんで、ぼくに仲間に入れてっていうわけ。そこで、入ったんです。ですから、仁科先生が「やらないか」って言ったわけじゃあない。それでまあ、島田へときどき行ったりなんかして。

藤岡 そのころは島田は、仁科さんの研究室とは無関係だったんですか。

朝永 いや。だけど、宮島君は行っているし、仁科さんもとときどき行った。

藤岡 島田に？

朝永 ええ。

藤岡 ああそう、

朝永 それでねえ、島田で仁科先生と一緒にふろに入った。「実はこれこれこういうことを海軍の連中は考えている……。」というのはその殺人光線の研究のこと。先生は知っていたわけですよ。電探をもっと改良するってこともあったけど、そのほかに、Z研究というのがある。「これは極秘なんだから、そのつもりでいろ」って。でその研究については、仁科先生はあんまり信用してなかったと思いますがネ。菊池さんは「そんな、いくら強い電波を出したって、ひろがっちゃう」って。もっとも波長がもっと短かけりゃあ別だけどネ。センチメートルなんてのは、飛行機が何メートル上を飛んでるとどれくらいにひろがるって計算でわかる。それにしかも飛行機ってのは、金属で出来てるから、電波をみな反射しちゃう。だからダメだって言うんですけどねえ。海軍の人たちはそんなこと言われると困るわけでしょ。

藤岡 ええ。それで島田へは君も行ってるでしょ。あれはいつから。

朝永 あれは、ぼくは一番最後まで行かなかったんですよ。一つはまあ、健康上の理由で。へんな熱が出て下がらなくて。そういう事情もあって、いよいよ島田へ行くということになったのは5月ごろじゃないかな、終戦の年の。

藤岡 ああそう。それで島田へ行って、それから戦争が終って、海軍の軍人さんが君の行李を文理大へ持ってきたのにぶつかったことがあるんだ、海軍の相当な将校がネ。

朝永 将校が持って来たですかネエ。

藤岡 もっと下の人だったかな？ それで文理大の、いや大久保の「朝永ハウス」に……。いや、あれはだいぶあとだったかな？

朝永 そうです。だいぶあとです。

藤岡 22年ぐらいだったのとちがう？

朝永 そんなもんでしょネ。

藤岡 その間、いわゆる「加藤ハウス」に…。

朝永 ええ、加藤ハウスにしばらくいて、それから家内や子供たちを京都へやってきましたからネ。それを引き取って、そうすると加藤ハウスにいるわけにもいかないでしょ。それであそこへ行ったんです。関口（鯉吉 台長）の天文台の官舎へ。

藤岡 京都ってのはどこへ行ってらしたのですか？

朝永 はじめは京都のうちにいたんだけど、あそこもあぶないっていうんでネ、それでぼくの弟の家内のさとしてののが丹波にあるんですヨ。亀岡よりちょっとさきの。そこに来てもいいっていうんで、そこへ行ってました。

藤岡 島田から戻ってこられて「加藤ハウス」ってなところへ。そんなのあったようだけど、何か加藤高明氏のやしきの跡とかいう……。

朝永 そうです。六義園の裏にある。島田で解散になってネ、それで帰ってきたわけですけどネ。荷物は海軍の方で運んでやるというんで、当面要るものだけをリュックサックに詰めこんで、しょってきたわけです。巢鴨の駅へ降りて、加藤ハウスまでたどりつこうと思って、途中でどうしても歩けなくなっちゃった。

藤岡 オヤオヤ。

朝永 ちょうど昼飯時でした。むこうで弁当作ってもらってある。腹がへったせいだろうと道っばたへ座って、弁当出して食べて、そしたらネ、やっぱり腹が一杯になったら歩けだした。だから、ぼくもチョイチョイ病気ばかりしてたけど、あのころは若かったなあ、と思うんです。それで、そこに、しばらく加藤ハウスにいた。それから天文台のほうへ行った。そしたら天文台のほうも関口のおやじが定年でやめて、あそこにいつまでもいるわけにいかないでしょ。それでアレじゃない？ 萩原（雄祐）さんから藤岡さんに頼んで下さったんじゃない？

藤岡 そうか。そりゃ忘れちゃった。だが何しろあそこはひどいところだった、「朝永ハウス」は。

朝永 萩原さんが何かそういうこと言ってたような気がする。藤岡になんとか朝永君を……。いまあそこに、官舎にいるんだけど、いつまでもいるわけにはいかない。それで何とかしてくれって藤岡に頼んだ、ってなこと聞いたような

気がしますがネ。

藤岡 そうだったかもしれない。忘れちゃった。

朝永 それであのチンパ（田中善雄氏）のいたうちのちょっとこっちのほうの……。

藤岡 小さなところでしたねえ。

朝永 でも1年ぐらいあそこにいましたネ。

藤岡 1年ぐらいいらしたかネ。その間に、動くと腹が減るってんで、論文書いてたという話だけど。

朝永 そうです。それでねえ、つまり戦争中にたまった強結合とか中間結合とかいう、その中間子討論会の2回目でしゃべったもの——そのときに超多時間理論もできてましたね——しゃべっただけだったもの、日本語では発表してた、理研彙報が何かに出したりして。そういうものがいくつか溜まってた。それを英文にしようと、もう一つはマグネトロンの総合報告を書かされたんですヨ。これは島田の海軍の人たちがネ、英語にしてアメリカで本にして出そうじゃないかって言う——どうもアメリカの研究もこんなところまでは行ってなかったらしいというんで、それを英語に訳すことと、そんなことをやってたんです。

それでまあ、理研のほうがその後、もうあんな状態になっちゃったんで、理研がなくなると同時にぼくも理研をやめちゃったことになるんだと思うんですがネ。

藤岡 サイクロトロンのこわされるときには、朝永さんはどこにいらしたんです？

朝永 あの時、京都に行っていました、家族をつれに。で、あのとき藤岡先生は文理大にいたわけでしょ？

藤岡 文理大にいた。

朝永 何かあのモリソンってのが、文理大へ、文理大と限らずほうぼうの大学へ……

藤岡 歩いてたの、来ました。

朝永 来たそうですね。

藤岡 ええ。飛行機のプロペラがあったらネ。あそこにあったんだ。あのかどの部屋にネ。そしたら目の色かえてネ、もってっちゃった。

朝永 そう。何かいろいろ調べに来たらしいね。それで、小島（昌治）君の部屋に「ナイロン」って本がネ、ナイロンのことを書いた本だが、その表紙にハーケンクロイツが書いてあった。それで目の色かえた。で、これ何かが書いてある本かって小島君きかれた。これナイロンのことが書いてあって何もナチとは関係ないってことがわかった。あれはアメリカ人が書いた本でしょ？ それを訳したんじゃない？

藤岡 ナイロンの本をネ。

朝永 それから福原（麟太郎）先生が通訳みたいな役で、これ福原さんから聞いたんだけど、Prof. Tomonaga はどうしてるかってきかれたって。だから、「かれはいまかれの故郷に帰ってる」って、そう言ったら、そして何か福原さんがすこし言葉を濁すような言い方をしたんですかねえ——故郷ってどこくらいきかれたんでしょ、きっと。それであんまり詳しいこと言っちゃいけないかと思って言葉を濁してたら、いや自分は朝永教授を逮捕しに来たわけじゃない、戦争前に朝永教授のやった仕事を自分は知っているんで、そのあとどういうことをやったか、興味があるから聞いたんだとそう言った、とそう福原さん言っていましたヨ。ですから、あまり仁科さんと関係ない話になってしまいました。ただあの、サイクロトロンこわされてるときに京都へ行って、京都の大学に顔を出したときに、ちょうど京都大学のをこわしに来てたんです。

仁科記念財団の活動

— 昭和 55 年度 —

1. 仁科記念賞

本年度は下記 3 件 4 氏の研究に対して贈呈した。

受 賞 者 東北大学原子核理学研究施設施設長 鳥 塚 賀 治

研究題目 原子核の巨大共鳴の研究

推 薦 理 由

鳥塚氏は東北大学核理研究施設の 300 MeV 線型電子加速器を用いて原子核の電子非弾性散乱の精密測定を行い、原子核の励起状態の電磁的構造を明らかにする上で世界をリードする業績をあげた。特に有名になった仕事は、10~20 MeV の領域に電気四重極型の巨大共鳴を見つけたことである。電気双極子型の巨大共鳴は古くからガンマ線吸収により知られていたが、電気四重極型はエネルギーの高い電子散乱によって初めて存在が明らかにされたものである。この発見により、低エネルギーで見られる芯偏極現象や集団運動との関連が明らかとなり、強い相互作用をもつ核子の多体系としての原子核の特徴的構造に関する理解が深まった。鳥塚氏らの研究はやがて他の励起モードの研究へと進んだほか、世界各地で電子以外の粒子による巨大共鳴研究へ波及した。

受 賞 者 大阪大学理学部教授 伊 達 宗 行

研究題目 超強磁場の発生

推 薦 理 由

伊達氏は 1971 年、超強磁場を発生するための新しい多重コイルの着想を得、その後数年ならずしてこれを実現することに成功した。この方式は物性の精密測定の目的に特に優れている。大阪大学理学部にこの方式によって建設された超強磁場実験室は現在、50 万ガウスおよび 70 万ガウス、0.4 m sec のパルス磁場を実験者に提供し、既に成果を挙げている。近い将来、100 万ガウスの装置も建設される予定であり、物性研究に大きな進歩をもたらすものと期待される。伊達氏のこの業績を高く評価して仁科記念賞を贈る。

受 賞 者 京都大学理学部 助手 九 後 汰一郎

Institute for Advanced Study, Princeton 小 嶋 泉

研究題目 非可換ゲージ場の共変的量子化の理論

推 薦 理 由

現在の素粒子論においてはすべての基本的な力がゲージ場と呼ばれる場によって媒介されると考えられている。ゲージ場の種類としては電磁場、重力場のような遠距離離

力のほかに非可換ゲージ場と呼ばれる近距離力の存在が知られている。両氏の業績はこの後者に対して明快な量子論を展開したことにある。従来の方法は径路積分法によるか、特定ゲージでの非共変的なものしかなく、標準的な正準形式に基いた共変的量子化法は、両氏の仕事によってはじめて確立されたということが出来る。この業績はゲージ場理論の基礎を与え、重力場の正準的量子化への道をひらき、いままであいまいであった種々の問題に対する我々の理解を深めるのに役立った。ここに両氏の業績を高く評価するものである。

2. 仁科記念講演会

次の三つの仁科記念講演会を開催した。

a. 朝永振一郎博士追悼の講演会

日 時 昭和55年7月8日(火) 午後2時～3時半(開場1時半)

場 所 日仏会館ホール(千代田区神田駿河台2-3)

講 演 Two Shakers of Physics

1965年ノーベル物理学賞受賞者

カリフォルニア大学ロサンゼルス分校 J. シュウィンガー博士

b. 第26回定例仁科記念講演会

日 時 昭和55年12月6日(土) 午後1時半～4時(開場1時)

場 所 東京大学教養学部第2本館234号室(目黒区駒場)

講 演 自然現象と非線形数理 横浜国立大学教授 戸田盛和

映 画 1.「流体力学」(コンピュータの応用)

2.「生きている金属」

c. オックスフォード大学パイエルス教授を招いての特別講演会

日 時 昭和56年3月26日(木) 午後2時～4時(開場1時半)

場 所 東京大学理学部化学講堂(文京区本郷)

講 演 Model-making in Physics R. E. パイエルス教授

なお、パイエルス教授には、下記のとおり各地で講演をしていただいた。

3月27日(金) 東大物性研究所, 4月1日(水) 広島大学, 日本物理学会年会,

4月7日(火) 京大基礎物理学研究所, 4月8日(水) 名大理学部物理学教室,

4月10日(金) 東大理学部物理学教室, 4月15日(水) 東大理学部物理学教室。

3. 仁科記念奨励金

本年度は下記の国際シンポジウムに援助した。

対 象 : Symposium on Space Astrophysics

金 額 : 1,500,000円

代表者 : 名古屋大学教授 早川幸男

(スペース・アストロフィジックス シンポジウム組織委員長)

参加者 : 国内11機関, 海外8機関より総員61名

4. 海外学者の招聘

- a. 米国カリフォルニア大学ロサンゼルス分校 J. シュウィンガー博士を、昭和55年6月21日から7月14日まで招聘し、仁科記念財団前理事長故朝永振一郎博士の一周忌にあたり、追悼講演をしていただいた。シュウィンガー博士は、故朝永博士と同じ1965年にノーベル物理学賞を受けた理論物理学者で、その講演は故朝永博士の業績および人柄の深い理解の上に立った興味深いものであり、聴衆に深い感銘を与えた。
- b. 英国オックスフォード大学 R. E. パリエルス教授を昭和56年3月25日から4月17日まで招聘し、3月26日、東京大学理学部における仁科記念講演会で一般向きの講演をしていただいた。パリエルス教授は、素粒子論から物性論にいたる理論物理学の全域にわたって多くの業績をもつ学者で、その講演は平明で示唆に富むものであり、聴衆に感銘を与えた。教授はまた、広島、京都、名古屋、仙台でも講演し、ことに広島大学における日本物理学会年会でおこなわれた講演は、量子力学の誕生のころの教授自身の遍歴の体験をスライドを豊富に使って語ったもので、満堂の聴衆を魅了した。

5. 研究者の海外派遣

昭和55年度海外派遣研究者

横浜国立大学教育学部助手 佐々木 賢

留学先 米国スタンフォード大学

早稲田大学理工学研究所 玉田 雅宣

留学先 ソ連レベデフ物理学研究所

新潟大学理学部助手 鈴木 宜之

留学先 米国ミシガン大学

6. その他

上記、J. シュウィンガー博士の講演記録(英文)を出版し、また、故朝永博士の第20回定例記念講演会における講演および昭和51年度～54年度の活動の報告を載せたパンフレット“NKZ”を出版した。“NKZ” No. 1 (1962年)に載った故朝永博士の講演、および同 No. 7 (1966年)に載った湯川博士の講演と故朝永博士の講演の記録は、読みたい人が多く在庫切れとなったので、抜刷の形で再版した。

財団法人仁科記念財団役員名簿

(昭和56年6月現在)

理事長	久保 亮五					
常務理事	玉木 英彦	村越 司	山崎 文男			
理事	芦原 義重 太田新太郎 田代 茂樹 土方 武	安藤 豊禄 茅 誠司 永野 重雄 平岩 外四	石川 六郎 駒井健一郎 南部 政二 堀田 庄三	稲山 嘉寛 武見 太郎 鳩山 道夫 宮島 龍興	井上 薫 田實 渉 原 安三郎 吉川 清一	
監事	小山 五郎	佐々木秋生	瀬川美能留	田島 英三		
評議員	赤堀 四郎 池田 長生 稲山 嘉寛 小田 稔 久保 亮五 坂井 光夫 竹中 鍊一 玉木 英彦 西村 純 早川 幸男 伏見 康治 村越 司 吉川 清一	芦原 義重 石井 千尋 井上 薫 風戸 建二 小谷 正雄 佐々木秋生 武見 太郎 中根 良平 仁田 勇 原 安三郎 堀田 庄三 山崎 敏光	荒木 三郎 石川 六郎 岩佐 凱実 鎌田 甲一 小林 稔 佐藤 尚 田實 渉 永野 重雄 鳩山 道夫 土方 武 三浦 功 山崎 文男	有山 兼孝 石橋幹一郎 江戸 英雄 茅 誠司 駒井健一郎 杉本 正雄 田代 茂樹 南部 政二 花村仁八郎 平岩 外四 宮崎友喜雄 山本源左衛門	安藤 豊禄 伊藤 達二 太田新太郎 木村健二郎 小山 五郎 瀬川美能留 田島 英三 西島 和彦 浜田 達二 弘世 現 宮島 龍興 湯川 秀樹	
運営委員	池田 長生 西島 和彦 宮崎友喜雄	小田 稔 西村 純 山崎 敏光	鎌田 甲一 鳩山 道夫	田島 英三 浜田 達二	中根 良平 三浦 功	
事務局	横山 すみ	和田千代子	高橋 圭子			